

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-283216
(43)Date of publication of application : 12.10.2001

(51)Int.Cl. G06T 7/00
G06F 17/30

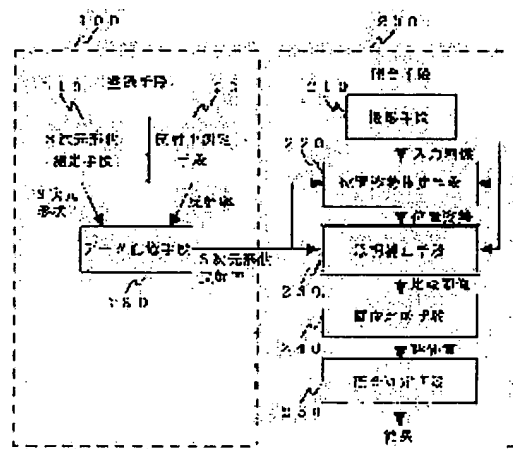
(21)Application number : 2000-105399 (71)Applicant : NEC CORP
(22)Date of filing : 03.04.2000 (72)Inventor : ISHIYAMA RUI

(54) IMAGE COLLATING DEVICE, IMAGE COLLATING METHOD AND RECORDING MEDIUM IN WHICH ITS PROGRAM IS RECORDED

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image collating device, an image collating method and a recording medium in which its program is recorded to dispense with measurement of the three-dimensional shape in the case of collation and to enable processing such as confirmation whether or not a photographed object is a registered one, collation of what object, retrieval of similar objects by using an image of the object photographed by a camera, etc., at various positions and attitudes and illuminating conditions.

SOLUTION: A registration means 100 measures and stores the three-dimensional shape and reflectance on the surface of the object to be registered. Photographing means 210 such as the camera photographs an inputted image in a collating means 200. A position and attitude estimating means 220 estimates the position and attitude of the object in the inputted image by using the registered three-dimensional shape and the reflectance. An illumination correcting means 230 generated the image at the same position, the same attitude and under the same illuminating condition as comparison images by using the registered three-dimensional shape and the reflectance. An image comparison means 240 calculates similarity between the comparison image and the inputted image. A collation deciding means 250 perform collation decision based on the similarity.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.03.2001
[Date of sending the examiner's decision of rejection] 16.03.2004
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2004-07676
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 15.04.2004
[Date of extinction of right]

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
G 0 6 T 7/00	3 0 0	G 0 6 T 7/00	C 5 B 0 7 5
	1 7 0		3 0 0 E 5 L 0 9 6
G 0 6 F 17/30	3 1 0	G 0 6 F 17/30	1 7 0 B
	3 5 0		3 1 0 Z
			3 5 0 C

審査請求 有 請求項の数87 O L (全 33 頁)

(21)出願番号 特願2000-105399(P2000-105399)

(22)出願日 平成12年4月3日(2000.4.3)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 石山 星

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100084250

弁理士 丸山 隆夫

Fターム(参考) 5B075 ND06 PR06 QM08

5L096 AA09 BA18 CA02 EA12 EA14

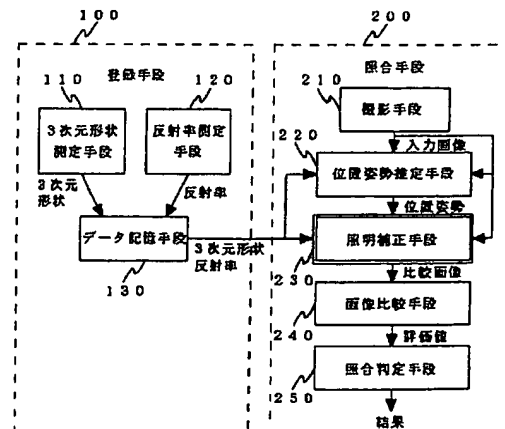
FA32 FA34 HA07 JA03 KA13

(54)【発明の名称】 画像照合装置、画像照合方法、及びそのプログラムを記録した記録媒体

(57)【要約】

【課題】 照合時に3次元形状を測定する必要がなく、様々な位置姿勢や照明条件においてカメラなどにより撮影された物体の画像を用いて、登録されている物体であるかの確認、どの物体であるかの照合、似た物体の検索、などの処理を可能にする画像照合装置、画像照合方法、及びそのプログラムを記録した記録媒体を提供する。

【解決手段】 登録手段100は登録する物体の3次元形状と表面の反射率を測定し記憶する。照合手段200において、カメラ等の撮影手段210は、入力画像を撮影する。位置姿勢推定手段220は前記登録された3次元形状と反射率を用いて前記入力画像中の物体の位置姿勢を推定する。照明補正手段230は前記登録された3次元形状と反射率を用いて前記入力画像と同位置同姿勢、同一照明条件の下での画像を比較画像として生成する。画像比較手段240は前記比較画像と入力画像の類似度を計算する。照合判定手段250は該類似度に基づき照合判定を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 登録対象となる物体のデータを3次元データとして登録する登録手段と、

該登録手段に登録された物体のデータと照合する物体のデータを2次元データとして取得し、前記登録手段に登録された物体のデータと照合する照合手段と、を有することを特徴とする画像照合装置。

【請求項2】 前記照合手段は、

前記登録手段に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影手段と、

該撮影手段により撮影された物体の位置姿勢を補正する位置姿勢補正手段と、

該位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、前記登録手段に登録された登録データとから、前記撮影手段により撮影された入力画像と同一の位置姿勢であって、最も近似する照明条件の画像を比較画像として生成する照明補正手段と、

該照明補正手段により生成された比較画像と、前記撮影手段により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較手段と、

該画像比較手段により算出された評価値に基づいて、前記撮影手段により撮影された物体が前記登録手段に登録された物体であるか否かを判定する照合判定手段と、を有して構成されることを特徴とする請求項1記載の画像照合装置。

【請求項3】 前記登録手段は、

前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定手段と、

前記登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、

前記3次元形状測定手段により測定された3次元形状と、前記反射率測定手段により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、

を有して構成されることを特徴とする請求項2記載の画像照合装置。

【請求項4】 前記登録手段は、

前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定手段と、

前記登録対象となる物体を撮影し、該物体の画像情報を取得する画像情報取得手段と、

前記3次元形状測定手段により測定された3次元形状と、前記画像情報取得手段により取得された画像情報とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、

を有して構成されることを特徴とする請求項2記載の画像照合装置。

【請求項5】 前記登録手段は、

前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定手段と、

複数の物体を登録するとき、前記3次元形状測定手段により測定された複数の3次元形状の平均となる平均3次

元形状を生成する平均形状生成手段と、

前記登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、

前記3次元形状測定手段により測定された3次元形状と、前記平均形状生成手段により生成された平均3次元形状と、前記反射率測定手段により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、

を有して構成されることを特徴とする請求項2記載の画像照合装置。

10 【請求項6】 前記照明補正手段は、

前記位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、前記登録手段に登録された物体の登録データとから、前記撮影手段により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、

該画像生成手段により生成された照明変動画像群から前記撮影手段により撮影された入力画像と最も近似する画像を生成して比較画像として、前記画像比較手段に出力する照明条件推定手段と、

20 を有して構成されることを特徴とする請求項3から5のいずれか1項に記載の画像照合装置。

【請求項7】 前記照明補正手段は、

前記画像生成手段により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段をさらに有して構成され、

前記照明条件推定手段は、

前記照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間内から前記入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、前記画像比較手段に出力することを特徴とする請求項6記載の画像照合装置。

【請求項8】 前記照明変動空間生成手段は、

前記画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、

前記照明条件推定手段は、

前記照明変動空間生成手段により生成された基底ベクトル群と、前記撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として前記画像比較手段に出力することを特徴とする請求項7記載の画像照合装置。

【請求項9】 前記照明補正手段は、

様々な照明条件を設定し照明条件群として前記画像生成手段に出力する照明条件変化手段をさらに有して構成されることを特徴とする請求項6から8のいずれか1項に記載の画像照合装置。

【請求項10】 前記登録手段は、

50 前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元

形状測定手段と、

前記登録対象となる物体を様々な照明条件で撮影し、テクスチャ画像群を生成するテクスチャ画像撮影手段と、前記3次元形状測定手段により測定された3次元形状と、前記テクスチャ画像撮影手段により撮影されたテクスチャ画像群とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、

前記照明補正手段は、

前記位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、前記登録手段に登録された物体の3次元形状とテクスチャ画像群とから、前記撮影手段により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にある照明変動画像群を生成する画像生成手段と、

該画像生成手段により生成された照明変動画像群から前記撮影手段により撮影された入力画像と最も近似する画像を生成して比較画像として、前記画像比較手段に出力する照明条件推定手段と、を有して構成されることを特徴とする請求項2記載の画像照合装置。

【請求項11】 前記照明補正手段は、

前記画像生成手段により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段をさらに有して構成され、

前記照明条件推定手段は、

前記照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間内から前記撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、前記画像比較手段に出力することを特徴とする請求項10記載の画像照合装置。

【請求項12】 前記照明変動空間生成手段は、

前記画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を求め、

前記照明条件推定手段は、

前記照明変動空間生成手段により生成された基底ベクトル群と、前記撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として前記画像比較手段に出力することを特徴とする請求項11記載の画像照合装置。

【請求項13】 前記位置姿勢補正手段は、

あらかじめ設定された一定の位置姿勢を前記照明補正手段に出力することを特徴とする請求項2記載の画像照合装置。

【請求項14】 前記位置姿勢補正手段は、

前記撮影手段により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢のパラメタを入力し、該入力した位置姿勢を前記照明補正手段に出力することを特徴とする請求項2記載の画像照合装置。

【請求項15】 前記位置姿勢補正手段は、

前記撮影手段により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢を推定し、該推定した位置姿勢を前記照明補正手段に出力することを特徴とする請求項2記載の画像照合装置。

【請求項16】 前記登録手段は、

前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定手段と、

前記登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、

10 前記3次元形状測定手段により測定された3次元形状と、前記反射率測定手段により測定された反射率とから特徴点位置を抽出する第1の特徴点抽出手段と、

前記3次元形状測定手段により測定された3次元形状と、前記反射率測定手段により測定された反射率と、前記第1の特徴点抽出手段により抽出された特徴点位置とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、

前記位置補正手段は、
前記データ記憶手段により記憶された特徴点位置と同一の特徴点位置を前記撮影手段により撮影された入力画像から入力画像特徴点位置として抽出する第2の特徴点抽出手段と、
前記データ記憶手段により記憶された3次元形状と特徴点位置と、前記第2の特徴点抽出手段により抽出された入力画像特徴点位置とから、前記撮影手段により撮影された物体の位置姿勢を推定し、該推定された位置姿勢を前記照明補正手段に出力する位置姿勢計算手段と、を有して構成されることを特徴とする請求項15記載の画像照合装置。

前記位置補正手段は、

前記データ記憶手段により記憶された特徴点位置と同一の特徴点位置を前記撮影手段により撮影された入力画像から入力画像特徴点位置として抽出する第2の特徴点抽出手段と、

前記データ記憶手段により記憶された3次元形状と特徴点位置と、前記第2の特徴点抽出手段により抽出された入力画像特徴点位置とから、前記撮影手段により撮影された物体の位置姿勢を推定し、該推定された位置姿勢を前記照明補正手段に出力する位置姿勢計算手段と、を有して構成されることを特徴とする請求項15記載の画像照合装置。

【請求項17】 前記照明補正手段は、

前記位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、前記データ記憶手段に記憶された3次元形状と反射率とから、前記撮影手段により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、

該画像生成手段により生成された照明変動画像群から前記撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、前記画像比較手段に出力する照明条件推定手段と、

を有して構成されることを特徴とする請求項16記載の画像照合装置。

【請求項18】 前記照明補正手段は、

前記画像生成手段により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段をさらに有して構成され、

前記照明条件推定手段は、

前記照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間内から前記入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、前記画像比較手段に出力することを特徴

とする請求項17記載の画像照合装置。

【請求項19】 前記照明変動空間生成手段は、

前記画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、

前記照明条件推定手段は、

前記照明変動空間生成手段により生成された基底ベクトル群と、前記撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として前記画像比較手段に出力することを特徴とする請求項18記載の画像照合装置。

【請求項20】 前記照明補正手段は、

様々な照明条件を設定し照明条件群として前記画像生成手段に出力する照明条件変化手段をさらに有して構成されることを特徴とする請求項17から19のいずれか1項に記載の画像照合装置。

【請求項21】 前記登録手段は、

前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定手段と、

前記登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、

様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での前記登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、

該画像生成手段により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段と、

該照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間を登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、

前記照合手段は、

前記登録手段に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影手段と、

前記データ記憶手段に記憶された照明変動空間内から前記入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定手段と、

該照明条件推定手段により生成された比較画像と、前記撮影手段により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較手段と、

該画像比較手段により算出された評価値に基づいて、前記撮影手段により撮影された物体が前記登録手段に登録されている物体であるか否かを判定する照合判定手段と、

を有して構成されることを特徴とする請求項1記載の画像照合装置。

【請求項22】 前記登録手段は、

前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定手段と、

前記登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、

様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での前記登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、

該画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成する照明変動空間生成手段と、

該照明変動空間生成手段により生成された基底ベクトル群を登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、

前記照合手段は、

前記登録手段に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影手段と、

前記データ記憶手段に記憶された基底ベクトル群と、前記撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定手段と、

該照明条件推定手段により生成された比較画像と、前記撮影手段により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較手段と、

該画像比較手段により算出された評価値に基づいて、前記撮影手段により撮影された物体が前記登録手段に登録されている物体であるか否かを判定する照合判定手段と、

を有して構成されることを特徴とする請求項1記載の画像照合装置。

【請求項23】 前記3次元形状測定手段は、

図面を読み込むことにより、3次元形状を測定することを特徴とする請求項2から22のいずれか1項に記載の画像照合装置。

【請求項24】 前記反射率測定手段は、

図面を読み込むことにより、反射率を測定することを特徴とする請求項2から23のいずれか1項に記載の画像照合装置。

【請求項25】 前記撮影手段は、

フィルム、写真、印刷物のいずれかを読み込んで、入力画像とすることを特徴とする請求項2から24のいずれか1項に記載の画像照合装置。

【請求項26】 前記照合判定手段は、

前記登録手段に登録された物体の内、どの物体であるかを検索することを特徴とする請求項2から25のいずれか1項に記載の画像照合装置。

【請求項27】 前記照合判定手段は、

前記登録手段に登録された物体の内、近似する物体を検索することを特徴とする請求項2から26のいずれか1項に記載の画像照合装置。

【請求項28】 前記登録対象となる物体は、

自動車であることを特徴とする請求項1から27のいずれか1項に記載の画像照合装置。

【請求項29】 前記登録対象となる物体は、人間の顔であることを特徴とする請求項1から28のいずれか1項に記載の画像照合装置。

【請求項30】 登録対象となる物体のデータを3次元データとして登録する登録工程と、
該登録工程により登録された物体のデータと照合する物体のデータを2次元データとして取得し、前記登録工程により登録された物体のデータと照合する照合工程と、
10 有することを特徴とする画像照合方法。

【請求項31】 前記照合工程は、
前記登録工程により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影工程と、
該撮影工程により撮影された物体の位置姿勢を補正する位置姿勢補正工程と、
該位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、前記登録工程により登録された登録データとから、前記撮影工程により撮影された入力画像と同一の位置姿勢であって、最も近似する照明条件の画像を比較画像として生成
20 する照明補正工程と、
該画像補正工程により生成された比較画像と、前記撮影工程により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較工程と、
該画像比較工程により算出された評価値に基づいて、前記撮影工程により撮影された物体が前記登録工程により登録された物体であるか否かを判定する照合判定工程と、
有して構成されることを特徴とする請求項30記載の画像照合方法。

【請求項32】 前記登録工程は、
前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定工程と、
前記登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、
前記3次元形状測定工程により測定された3次元形状と、前記反射率測定工程により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、
有して構成されることを特徴とする請求項31記載の画像照合方法。

【請求項33】 前記登録工程は、
前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定工程と、
前記登録対象となる物体を撮影し、該物体の画像情報を取得する画像情報取得工程と、
前記3次元形状測定工程により測定された3次元形状と、前記画像情報取得工程により取得された画像情報とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、
有して構成されることを特徴とする請求項31記載の画像照合方法。

【請求項34】 前記登録工程は、
前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定工程と、
複数の物体を登録するとき、前記3次元形状測定工程により測定した複数の物体の3次元形状の平均となる3次元形状を生成する平均形状生成工程と、
前記登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、
前記3次元形状測定工程により測定された3次元形状と、前記平均形状生成工程により生成された平均3次元形状と、前記反射率測定工程により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、
有して構成されることを特徴とする請求項31記載の画像照合方法。

【請求項35】 前記照明補正工程は、
前記位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、前記登録工程により登録された物体の登録データとから、前記撮影工程により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、
該画像生成工程により生成された照明変動画像群から前記撮影工程により撮影された入力画像と最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、
有して構成されることを特徴とする請求項32から34のいずれか1項に記載の画像照合方法。

【請求項36】 前記照明補正工程は、
前記照明条件推定工程により比較画像を生成する前に、前記画像生成工程により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工程をさらに有して構成され、
前記照明条件推定工程は、
前記照明変動空間生成工程により生成された照明変動空間内から前記入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項35記載の画像照合方法。

【請求項37】 前記照明変動空間生成工程は、
前記画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、
前記照明条件推定工程は、
前記照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群と、前記撮影工程により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項36記載の画像照合装置。

【請求項38】 前記照明補正工程は、
前記画像生成工程により照明変動画像群が生成される前

に、該照明変動画像群が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件変化工程をさらに有して構成されることを特徴とする請求項35から37のいずれか1項に記載の画像照合方法。

【請求項39】 前記登録工程は、
前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定工程と、
前記登録対象となる物体を様々な照明条件で撮影し、テクスチャ画像群を生成するテクスチャ画像撮影工程と、
前記3次元形状測定工程により測定された3次元形状と、前記テクスチャ画像撮影工程により撮影されたテクスチャ画像群とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、
前記照明補正工程は、
前記位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、前記データ記憶工程により記憶された物体の3次元形状とテクスチャ画像群とから、前記撮影工程により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にある照明変動画像群を生成する画像生成工程と、
該画像生成工程により生成された照明変動画像群から前記撮影工程により撮影された入力画像と最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、を有して構成されることを特徴とする請求項31記載の画像照合方法。

【請求項40】 前記照明補正工程は、
前記照明条件推定工程により比較画像を生成する前に、
前記画像生成工程により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工程をさらに有して構成され、
前記照明条件推定工程は、
前記照明変動空間生成工程により生成された照明変動空間内から前記撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項39記載の画像照合方法。

【請求項41】 前記照明変動空間生成工程は、
前記画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、
前記照明条件推定工程は、
前記照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群と、前記撮影工程により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項40記載の画像照合方法。

【請求項42】 前記位置姿勢補正工程は、
あらかじめ設定された一定の位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする請求項31記載の画像照合方法。

【請求項43】 前記位置姿勢補正工程は、
前記撮影工程により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢のパラメタを入力し、該入力した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする請求項31記載の画像照合方法。

【請求項44】 前記位置姿勢補正工程は、
前記撮影工程により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢を推定し、該推定した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする請求項31記載の画像照合方法。

【請求項45】 前記登録工程は、
前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定工程と、
前記登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、
前記3次元形状測定工程により測定された3次元形状と、前記反射率測定工程により測定された反射率とから特徴点位置を抽出する第1の特徴点抽出工程と、
前記3次元形状測定工程により測定された3次元形状と、前記反射率測定工程により測定された反射率と、前記第1の特徴点抽出工程により抽出された特徴点位置とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、
前記位置姿勢補正工程は、

前記データ記憶工程により記憶された特徴点位置と同一の特徴点位置を前記撮影工程により撮影された入力画像から入力画像特徴点位置として抽出する第2の特徴点抽出工程と、
前記データ記憶工程により記憶された3次元形状と特徴点位置と、前記第2の特徴点抽出工程により抽出された入力画像特徴点位置とから、前記撮影工程により撮影された物体の位置姿勢を推定する位置姿勢計算工程と、
を有して構成されることを特徴とする請求項44記載の画像照合方法。

【請求項46】 前記照明補正工程は、
前記位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、前記データ記憶工程により記憶された3次元形状と反射率とから、前記撮影工程により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあつて、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、
該画像生成工程により生成された照明変動画像群から前記撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、
を有して構成されることを特徴とする請求項45記載の画像照合方法。

【請求項47】 前記照明補正工程は、
前記照明条件推定工程により比較画像を生成する前に、
前記画像生成工程により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工

程をさらに有して構成され、
前記照明条件推定工程は、
前記照明変動空間生成工程により生成された照明変動空間内から前記入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項46記載の画像照合方法。

【請求項48】 前記照明変動空間生成工程は、
前記画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、
前記照明条件推定工程は、
前記照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群と、前記撮影工程により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項47記載の画像照合方法。

【請求項49】 前記照明補正工程は、
前記画像生成工程により照明変動画像群が生成される前に、該照明変動画像群が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件変化工程をさらに有して構成されることを特徴とする請求項46から48のいずれか1項に記載の画像照合方法。

【請求項50】 前記登録工程は、
前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定工程と、
前記登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、
様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での前記登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、
該画像生成工程により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工程と、
該照明変動空間生成工程により生成された照明変動空間を登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、

前記照合工程は、
前記登録工程に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影工程と、
前記データ記憶工程により記憶された照明変動空間内から前記撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、
該照明条件推定工程により生成された比較画像と、前記撮影工程により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較工程と、
該画像比較工程により算出された評価値に基づいて、前記撮影工程により撮影された物体が前記登録工程により登録された物体であるか否かを判定する照合判定工程

と、
を有して構成されることを特徴とする請求項30記載の画像照合方法。

【請求項51】 前記登録工程は、
前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定工程と、
前記登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、
様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での前記登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、
該画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成する照明変動空間生成工程と、
該照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群を登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、

前記照合工程は、
前記登録工程により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影工程と、
前記データ記憶工程により記憶された基底ベクトル群と、前記撮影工程により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、
該照明条件推定工程により生成された比較画像と、前記撮影工程により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較工程と、
該画像比較工程により算出された評価値に基づいて、前記撮影工程により撮影された物体が前記登録工程に登録されている物体であるか否かを判定する照合判定工程と、
を有して構成されることを特徴とする請求項30記載の画像照合方法。

【請求項52】 前記3次元形状測定工程は、
図面を読み込むことにより、3次元形状を測定することを特徴とする請求項31から51のいずれか1項に記載の画像照合方法。

【請求項53】 前記反射率測定工程は、
図面を読み込むことにより、反射率を測定することを特徴とする請求項31から52のいずれか1項に記載の画像照合方法。

【請求項54】 前記撮影工程は、
フィルム、写真、印刷物のいずれかを読み込んで、入力画像とすることを特徴とする請求項31から53のいずれか1項に記載の画像照合方法。

【請求項55】 前記照合判定工程は、
前記登録工程により登録された物体の内、どの物体であるかを検索することを特徴とする請求項31から54の

いずれか1項に記載の画像照合方法。

【請求項56】 前記照合判定工程は、前記登録工程により登録された物体の内、近似する物体を検索することを特徴とする請求項31から55のいずれか1項に記載の画像照合方法。

【請求項57】 前記登録対象となる物体は、自動車であることを特徴とする請求項30から56のいずれか1項に記載の画像照合方法。

【請求項58】 前記登録対象となる物体は、人間の顔であることを特徴とする請求項30から57のいずれか1項に記載の画像照合方法。

【請求項59】 登録対象となる物体のデータを3次元データとして登録する登録処理と、該登録処理により登録された物体のデータと照合する物体のデータを2次元データとして取得し、前記登録処理により登録された物体のデータと照合する照合処理と、を実行することを特徴とする画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項60】 前記照合処理は、前記登録処理により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影処理と、該撮影処理により撮影された物体の位置姿勢を補正する位置姿勢補正処理と、該位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、前記登録処理により登録された登録データとから、前記撮影処理により撮影された入力画像と同一の位置姿勢であって、最も近似する照明条件の画像を比較画像として生成する照明補正処理と、該画像補正処理により生成された比較画像と、前記撮影処理により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較処理と、該画像比較処理により算出された評価値に基づいて、前記撮影処理により撮影された物体が前記登録処理により登録された物体であるか否かを判定する照合判定処理と、を有して構成されることを特徴とする請求項59記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項61】 前記登録処理は、前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定処理と、前記登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、前記3次元形状測定処理により測定された3次元形状と、前記反射率測定処理により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成されることを特徴とする請求項60記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項62】 前記登録処理は、前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定処理と、

前記登録対象となる物体を撮影し、該物体の画像情報を取得する画像情報取得処理と、

前記3次元形状測定処理により測定された3次元形状と、前記画像情報取得処理により取得された画像情報とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成されることを特徴とする請求項60記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項63】 前記登録処理は、前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定処理と、複数の物体を登録するとき、前記3次元形状測定処理により測定した複数の物体の3次元形状の平均となる3次元形状を生成する平均形状生成処理と、前記登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、前記3次元形状測定処理により測定された3次元形状と、前記平均形状生成処理により生成された平均3次元形状と、前記反射率測定処理により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成されることを特徴とする請求項60記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項64】 前記照明補正処理は、前記位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、前記登録処理により登録された物体の登録データとから、前記撮影処理により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成処理と、該画像生成処理により生成された照明変動画像群から前記撮影処理により撮影された入力画像と最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、を有して構成されることを特徴とする請求項61から63のいずれか1項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項65】 前記照明補正処理は、前記照明条件推定処理により比較画像を生成する前に、前記画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理をさらに有して構成され、前記照明条件推定処理は、前記照明変動空間生成処理により生成された照明変動空間内から前記入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項64記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項66】 前記照明変動空間生成処理は、前記画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、前記照明条件推定処理は、

前記照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群と、前記撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項65記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項67】 前記照明補正処理は、前記画像生成処理により照明変動画像群が生成される前に、該照明変動画像群が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件変化処理をさらに有して構成されることを特徴とする請求項64から66のいずれか1項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項68】 前記登録処理は、前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定処理と、前記登録対象となる物体を様々な照明条件で撮影し、テクスチャ画像群を生成するテクスチャ画像撮影処理と、前記3次元形状測定処理により測定された3次元形状と、前記テクスチャ画像撮影処理により撮影されたテクスチャ画像群とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、

前記照明補正処理は、前記位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、前記データ記憶処理により記憶された3次元形状とテクスチャ画像群とから、前記撮影処理により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にある照明変動画像群を生成する画像生成処理と、該画像生成処理により生成された照明変動画像群から前記撮影処理により撮影された入力画像と最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、を有して構成されることを特徴とする請求項60記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項69】 前記照明補正処理は、前記照明条件推定処理により比較画像を生成する前に、前記画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理をさらに有して構成され、前記照明条件推定処理は、前記照明変動空間生成処理により生成された照明変動空間内から前記撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項68記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項70】 前記照明変動空間生成処理は、前記画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、前記照明条件推定処理は、

前記照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群と、前記撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項69記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項71】 前記位置姿勢補正処理は、あらかじめ設定された一定の位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする請求項60記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項72】 前記位置姿勢補正処理は、前記撮影処理により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢のパラメタを入力し、該入力した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする請求項60記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項73】 前記位置姿勢補正処理は、前記撮影処理により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢を推定し、該推定した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする請求項60記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項74】 前記登録処理は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定処理と、前記登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、前記3次元形状測定処理により測定された3次元形状と、前記反射率測定処理により測定された反射率とから特徴点位置を抽出する第1の特徴点抽出処理と、前記3次元形状測定処理により測定された3次元形状と、前記反射率測定処理により測定された反射率と、前記第1の特徴点抽出処理により抽出された特徴点位置とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、

前記位置姿勢補正処理は、前記データ記憶処理により記憶された特徴点位置と同一の特徴点位置を前記撮影処理により撮影された入力画像から入力画像特徴点位置として抽出する第2の特徴点抽出処理と、前記データ記憶処理により記憶された3次元形状と特徴点位置と、前記第2の特徴点抽出処理により抽出された入力画像特徴点位置とから、前記撮影処理により撮影された物体の位置姿勢を推定する位置姿勢計算処理と、を有して構成されることを特徴とする請求項73記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項75】 前記照明補正処理は、前記位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、前記登録処理により登録された物体のデータとから、前記撮影処理により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成

する画像生成処理と、

該画像生成処理により生成された照明変動画像群から前記撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、を有して構成されることを特徴とする請求項74記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項76】 前記照明補正処理は、

前記照明条件推定処理により比較画像を生成する前に、前記画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理をさらに有して構成され、

前記照明条件推定処理は、前記照明変動空間処理により生成された照明変動空間内から前記入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項75記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項77】 前記照明変動空間生成処理は、

前記画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、

前記照明条件推定処理は、

前記照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群と、前記撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする請求項76記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項78】 前記照明補正処理は、

前記画像生成処理により照明変動画像群が生成される前に、該照明変動画像群が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件変化処理をさらに有して構成されることを特徴とする請求項75から77のいずれか1項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項79】 前記登録処理は、

前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定処理と、

前記登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、

様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での前記登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成処理と、

該画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理と、

該照明変動空間生成処理により生成された照明変動空間を登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、

前記照合処理は、

前記登録処理に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影処理と、

前記データ記憶処理により記憶された照明変動空間内から前記撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、該照明条件推定処理により生成された比較画像と、前記撮影処理により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較処理と、該画像比較処理により算出された評価値に基づいて、前記撮影処理により撮影された物体が前記登録処理により登録された物体であるか否かを判定する照合判定処理と、

を有して構成されることを特徴とする請求項59記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項80】 前記登録処理は、

前記登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定処理と、

前記登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、

様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での前記登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成処理と、

該画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成する照明変動空間生成処理と、

該照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群を登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、

前記照合処理は、

前記登録処理により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影処理と、

前記データ記憶処理により記憶された基底ベクトル群と、前記撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に前記基底ベクトル群から前記撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、

該照明条件推定処理により生成された比較画像と、前記撮影処理により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較処理と、

該画像比較処理により算出された評価値に基づいて、前記撮影処理により撮影された物体が前記登録処理に登録されている物体であるか否かを判定する照合判定処理と、

を有して構成されることを特徴とする請求項59記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項81】 前記3次元形状測定処理は、図面を読み込むことにより、3次元形状を測定することを特徴とする請求項60から80のいずれか1項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項82】 前記反射率測定処理は、
図面を読み込むことにより、反射率を測定することを特徴とする請求項60から81のいずれか1項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項83】 前記撮影処理は、
フィルム、写真、印刷物のいずれかを読み込んで、入力画像とすることを特徴とする請求項60から82のいずれか1項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項84】 前記照合判定処理は、
前記登録処理により登録された物体の内、どの物体であるかを検索することを特徴とする請求項60から83のいずれか1項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項85】 前記照合判定処理は、
前記登録処理により登録された物体の内、近似する物体を検索することを特徴とする請求項60から84のいずれか1項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項86】 前記登録対象となる物体は、
自動車であることを特徴とする請求項59から85のいずれか1項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【請求項87】 前記登録対象となる物体は、
人間の顔であることを特徴とする請求項59から86のいずれか1項に記載の画像照合プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像による物体の照合を行う画像照合装置、画像照合方法、及びそのプログラムを記録した記録媒体に関し、特に認識対象となる物体の3次元形状と、表面反射率や色情報などをあらかじめ登録しておくことにより、画像上での物体の位置や姿勢、照明条件などの撮影条件の変動に対して頑強なことを特徴とする画像照合装置、画像照合方法、及びそのプログラムを記録した記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】画像照合技術とは図5に示したように、3次元空間上に適当に配置された物体が何であるのかをカメラなどの画像撮像デバイスにより取得した入力画像(群)を利用して、あらかじめ登録されている画像と照合する技術である。画像照合のプロセスは、照合対象を記録しておく登録過程と、入力された画像(群)に何が撮影されているかを登録データと比較照合する照合過程の二つから構成される。それぞれの過程において撮像された画像は、2次元的な広がりを持つ2次元画像のまま用いたり、3次元形状などに変換して利用される。以下、従来の画像照合技術を文献を参照しながら詳細に説明する。

【0003】(従来技術1)2次元画像をあらかじめ登録しておき、入力として2次元画像を用いる画像照合技術の一例として、特許第2872776号「顔画像照合装置」に開示される従来技術がある。本従来技術は、照合対象として人間の顔を想定しており、図13のような構成をとっている。登録時は、カメラ11により撮影された2次元画像を記憶手段12に記憶しておく。照合時は、カメラ13により2次元の顔画像を入力画像として撮影し、正規化手段14によって、前記入力画像から目や鼻の位置などの姿勢や大きさの基準となる顔特徴点を画像処理技術により抽出する。該顔特徴点の座標位置を基準として、画像上において2次元的な位置と大きさの正規化を行った正規化画像を出力する。最後に、画像比較手段15によって記憶手段12から読み出される登録画像と前記正規化画像をパターン認識技術により比較し、照合結果を出力する。

【0004】(従来技術2)3次元形状を用いた従来の照合技術の例として、特開平9-259271号公報「人物照合装置」に開示された従来技術がある。本従来技術では、図14のような構成をとる。登録時には、3次元形状カラー情報計測手段21により照合対象物体の3次元形状とカラー情報を測定し、記憶手段22に記憶しておく。照合時にも、3次元形状カラー情報計測手段23により入力データとして3次元形状とカラー情報を測定する。平行移動・回転手段24により、当該入力データを重心が登録データと一致するように平行移動し、微小回転を加えたデータを多数生成し、最小誤差計算手段25によって誤差の最小値を求めることにより、3次元的な位置姿勢の補正を行う。最後に、当該最小誤差計算手段25により補正されたデータと登録データの照合を行う。

【0005】(従来技術3)特開平6-168317号公報「個人識別装置」は、図15のような構成をとり、登録時と照合時ともに2次元画像を撮影する照合技術である。登録時には、カメラ41により2次元画像を撮影し、特徴抽出手段42において輝度変動の大きな画素位置を検出して特徴点位置を出力し、記憶手段43に記憶しておく。照合時には、カメラ44により入力画像として2次元画像を撮影し、特徴抽出手段45において輝度変動の大きな画素位置を検出して特徴点位置を出力する。最後に、照合手段47において上記登録されている特徴点位置と上記入力画像の特徴点位置を比較することにより照合を行っている。このとき、認識対象物体の位置や姿勢の変動を吸収するために、特徴抽出手段45から出力された特徴点位置データは、位置姿勢正規化手段46においてあらかじめ用意されている標準的な物体の3次元形状モデルを利用して、その位置姿勢が正規化される。

【0006】(従来技術4)登録過程・照合過程双方で通常の2次元画像だけを用いる従来技術であって、位置

や姿勢の変動だけでなく、照明条件による変動をも補正する従来技術として、文献(「Visual Learning and Recognition of 3-D Objects from Appearance」, Hiroshi Murase and Shree K. Nayer, Int. J. Computer Vision, vol.14, pp.5-24, 1995)がある。本従来技術では図16のような構成をとる。登録時には、撮影手段71により登録する各物体についての入力画像において、考えられるあらゆる姿勢や照明条件を網羅したサンプル画像群を撮影し、多様体計算手段72により当該画像群の変化を十分表せるような基底画像群を主成分分析により求める。当該基底画像群との相関を特徴とする特徴空間を生成し、上記サンプル画像群の特徴空間における軌跡を多様体として求め、記憶手段73に記憶しておく。照合時には、カメラ74により入力画像として2次元画像を撮影し、距離計算手段75において当該入力画像と上記多様体との特徴空間における距離を計算し、当該距離を尺度として照合を行う。これにより様々な位置姿勢や照明条件で撮影された入力画像の照合を可能にしている。

【0007】(従来技術5) 物体の位置姿勢が固定である場合の照明条件による2次元画像の変化については文献(「What Is the Set of Images of an Object Under All Possible Illumination Conditions?」, Peter N. Belhumeur and David J. Kriegman, Int. J. Computer Vision, vol.28, pp.245-260, 1998)において詳しく分析されている。物体の位置姿勢を固定すれば、任意の照明条件での画像は、一つの点光源のもとでの画像の和に分解してあらわすことができる。したがって、任意の数の光源のもとでの画像は、それぞれひとつずつの光源の強さを係数として、そのひとつの光源のもとでの画像の線形和であらわすことができる。上述の分析に基づき、Illumination Subspace Methodと呼ばれる図17のような構成を提案している。

【0008】図17において、撮影手段51は、可能な限り影になる画素がないように異なる照明条件を3つ以上設定し、画像群を撮影する。法線計算手段52において、当該画像群から主成分分析により、画像の各画素に対応する物体表面の反射率と法線ベクトルの積に相当するベクトル群を求める。続いて、画像生成手段53において、当該ベクトル群の任意の2個のベクトルの外積であらわされる方向に照明がある場合の画像であるextreme ray と呼ばれる画像群を生成し、記憶手段54に記憶しておく。

【0009】照合時には、カメラ55によって2次元画像である入力画像を撮影する。物体表面の反射特性が完全散乱であり、かつ、形状が凸である場合には、任意の照明条件の下での画像は当該extreme ray 群の係数が正である線形和としてあらわすことができるので、当該係数群を負にならないという条件の下での最小二乗法を用いて計算することができる。照明補正手段56において、当該最小二乗計算を行い、求めた係数群を用いた

extreme ray 群の線形和により入力画像と同じ照明条件での物体の画像である比較画像を生成する。画像比較手段57において、該比較画像と当該入力画像の類似度を計算することで照合処理を行う。

【0010】(従来技術6) 文献(「Illumination Cones for Recognition Under Variable Lighting: Faces」, A.S. Georgiades, Proc. IEEE Int. Conf. CVPR, p.52-58, 1998)は、上述したIllumination Subspace Methodにおいてextreme ray を計算する際に、光線追跡などのコンピュータグラフィックスの技術を用いて、物体の3次元形状から、どの画素が影になるかを計算し、影をつける処理を行う方法を示している。これにより形状が凸でない形状の物体にも当該Illumination Subspace Methodが適用できるとしている。

【0011】(従来技術7) また、文献(「What Is the Set of Images of an Object Under All Possible Illumination Conditions?」, Peter N. Belhumeur and David J. Kriegman, Int. J. Computer Vision, vol.28, pp.245-260, 1998)は、さらにSampling Method として図18のような構成を提案している。上述したIllumination Subspace Methodのように全てのextreme ray を計算することは手間がかかるので、登録時に、撮影手段61において、例えば図4の θ , ϕ の角度が可能な限り等間隔に全体を覆うように適当な数の照明方向を設定して画像群を撮影し、当該画像群をextreme ray として代用する。以降はIllumination Subspace Methodと同様に非負最小二乗法を適用して照明補正を行い、物体認識を行う。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、照合対象となる物体は、特に固定や調節などをしない限り、カメラなどの画像撮像デバイスの前で3次元的な平行移動、回転移動などを伴うことが一般的である。また、屋外などでは刻々と照明条件も変動していくことから明らかなように、照合処理対象として入力される2次元画像上では、見かけ上、非常に大きな変動がある。従来技術は、これらの位置姿勢や照明条件の変動を十分補正することができていないため、応用範囲が非常に限られてしまうという問題点があった。以下具体的に各文献における問題点を詳述する。

【0013】従来技術1における特許第2872776号「顔画像照合装置」に開示されているような単なる2次元画像同士の照合技術では、照合対象となる物体の3次元的な回転変動や画像撮影時の照明条件変動による2次元画像上の見かけ上の変動に対応することができないため、応用範囲が極めて限定される。

【0014】従来技術2における特開平9-259271号公報「人物照合装置」に開示された照合技術では、登録時だけでなく照合時にも3次元形状を必要とするために、照合装置として3次元形状計測装置が必須とな

り、コストがかかるという問題点があった。これは、登録時と異なる場所や、複数の場所で入力画像を撮影し、照合を行いたい場合などに特に問題となる。また、形状の計測をするためには計測が終了するまで照合対象が静止していなければならなかったり、暗室や薄暗い環境でなければ精度の高い形状データが得られないという問題があり、応用範囲が限定される。

【0015】従来技術3における特開平6-168317号公報「個人識別装置」に開示されているような、輝度変動の大きな画素位置を検出する方法は、3次元的な曲率が非常に大きな積み木や、また反射率の変動が非常に大きいホワイトボード上の黒いマーカなどには有効であるが、当該公開公報に記載されているように人間の顔には向かない。すなわち、安定した座標位置検出は、困難であるということである。また、当該公開公報では照合対象となる物体群の標準的な3次元形状により姿勢を補正すると記載されているが、当該物体群の各物体間において形状の類似度が高くない場合には適用することができないという問題点があった。

【0016】従来技術4における文献（「Visual Learning and Recognition of 3-D Objects from Appearance」, Hiroshi Murase and Shree K. Nayer, Int. J. Computer Vision, vol.14, pp.5-24, 1995）に記載された従来技術では、入力画像の照明条件として複数の光源や拡張光源など様々な照明条件を考慮すると、これらを網羅するサンプル画像は膨大な量が必要になってしまう。また、特徴空間における多様体の形状について何も仮定されていないため、入力画像との距離を求める際に撮影条件のパラメタに対する探索を必要とする。したがって、多くの計算量が必要となるという問題点があった。

【0017】従来技術5、6および7における文献（「What Is the Set of Images of an Object Under All Possible Illumination Conditions?」, Peter N. Belhumeur and David J. Kriegman, Int. J. Computer Vision, vol.28, pp.245-260, 1998）に記載されたIllumination Subspace Method、Sampling Methodでは、対象物体に多数の方向から照明を当てた画像を撮影する必要があり、登録時に特別な照明装置が必要となることや、機材の配置の問題から十分に正確な照明条件の設定が困難であるという問題点がある。

【0018】また、当該Illumination Subspace Method、Sampling Methodは、ともに物体の位置や姿勢が変化した場合には、その位置姿勢における多数の照明条件の下での画像を撮影し、はじめからすべて計算し直す必要がある。したがって、入力画像において想定されるあらゆる位置姿勢における多数の照明条件の下での画像を撮影しなければならない。そのため、登録処理に手間がかかることや、あらかじめ登録されていない位置姿勢で撮影された画像は照合することができないなどの問題点もある。

【0019】また、当該Illumination Subspace Methodでは、形状の複雑さに応じてextreme rayを計算する手続きに非常に多くの計算量を要する。文献（「What Is the Set of Images of an Object Under All Possible Illumination Conditions?」, Peter N. Belhumeur and David J. Kriegman, Int. J. Computer Vision, vol.28, pp.245-260, 1998）によれば、物体表面の法線ベクトルのうち線形独立なものがM個ある場合、extreme rayの数は最大でM(M-1)個である。したがって、物体形状が積み木のように単純なものでない限り、膨大な数の画像を計算しなければならないため、複雑な形状の一般的な物体に対して全てのextreme rayを計算することは計算量の点で問題がある。また、物体形状が凸でなく、他の部分が光源を遮蔽して生じる影がある場合にはそのまま適用することはできないという問題点もある。

【0020】また、当該Illumination Subspace Method、Sampling Methodでは、係数が負とならない条件の下での最小二乗法の計算もextreme rayの数に関係して非常に多くの計算量を必要するという問題点もある。当該Sampling Methodの技術では、この問題点に加えて、どの程度の数の基底画像を用いれば十分な性能が得られるのかが不明確であるという問題点もある。

【0021】さらに、当該Illumination Subspace Method、Sampling Methodは、ともに物体表面の反射特性が完全散乱面であることを仮定しているため、鏡面反射が存在したり、拡散反射も完全散乱でないような物体に対してはそのままでは適用できないという問題点もある。一般に、多くの物体はその表面の反射特性が完全散乱ではないからである。

【0022】本発明は、上記問題点に鑑みなされたものであり、照合に用いる入力データとして3次元形状を必要とせず通常のカメラで撮影した2次元画像により照合することが可能な画像照合装置、画像照合方法及びそのプログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。

【0023】また、本発明は、入力画像における物体の3次元的な位置姿勢の変化を補正可能であり、登録時に必要なデータが簡便に測定可能であり、様々な照明条件において撮影された入力画像に対し照明条件の補正を高速な処理によって実現可能な画像照合装置、画像照合方法、及びそのプログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】かかる目的を達成するために、請求項1記載の発明は、登録対象となる物体のデータを3次元データとして登録する登録手段と、該登録手段に登録された物体のデータと照合する物体のデータを2次元データとして取得し、登録手段に登録された物体のデータと照合する照合手段と、を有することを特徴

とする。

【0025】請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、照合手段は、登録手段に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影手段と、該撮影手段により撮影された物体の位置姿勢を補正する位置姿勢補正手段と、該位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、登録手段に登録された登録データとから、撮影手段により撮影された入力画像と同一の位置姿勢であって、最も近似する照明条件の画像を比較画像として生成する照明補正手段と、該照明補正手段により生成された比較画像と、撮影手段により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較手段と、該画像比較手段により算出された評価値に基づいて、撮影手段により撮影された物体が登録手段に登録された物体であるか否かを判定する照合判定手段と、を有して構成されることを特徴とする。

【0026】請求項3記載の発明は、請求項2記載の発明において、登録手段は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定手段と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、3次元形状測定手段により測定された3次元形状と、反射率測定手段により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成されることを特徴とする。

【0027】請求項4記載の発明は、請求項2記載の発明において、登録手段は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定手段と、登録対象となる物体を撮影し、該物体の画像情報を取得する画像情報取得手段と、3次元形状測定手段により測定された3次元形状と、画像情報取得手段により取得された画像情報とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成されることを特徴とする。

【0028】請求項5記載の発明は、請求項2記載の発明において、登録手段は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定手段と、複数の物体を登録するとき、3次元形状測定手段により測定された複数の3次元形状の平均となる平均3次元形状を生成する平均形状生成手段と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、3次元形状測定手段により測定された3次元形状と、平均形状生成手段により生成された平均3次元形状と、反射率測定手段により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成されることを特徴とする。

【0029】請求項6記載の発明は、請求項3から5のいずれか1項に記載の発明において、照明補正手段は、位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、登録手段に登録された物体の登録データとから、撮影手段により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあっ

て、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、該画像生成手段により生成された照明変動画像群から撮影手段により撮影された入力画像と最も近似する画像を生成して比較画像として、画像比較手段に出力する照明条件推定手段と、を有して構成されることを特徴とする。

【0030】請求項7記載の発明は、請求項6記載の発明において、照明補正手段は、画像生成手段により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段をさらに有して構成され、照明条件推定手段は、照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間内から入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、画像比較手段に出力することを特徴とする。

【0031】請求項8記載の発明は、請求項7記載の発明において、照明変動空間生成手段は、画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定手段は、照明変動空間生成手段により生成された基底ベクトル群と、撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として画像比較手段に出力することを特徴とする。

【0032】請求項9記載の発明は、請求項6から8のいずれか1項に記載の発明において、照明補正手段は、様々な照明条件を設定し照明条件群として画像生成手段に出力する照明条件変化手段をさらに有して構成されることを特徴とする。

【0033】請求項10記載の発明は、請求項2記載の発明において、登録手段は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定手段と、登録対象となる物体を様々な照明条件で撮影し、テクスチャ画像群を生成するテクスチャ画像撮影手段と、3次元形状測定手段により測定された3次元形状と、テクスチャ画像撮影手段により撮影されたテクスチャ画像群とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、照明補正手段は、位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、登録手段に登録された物体の3次元形状とテクスチャ画像群とから、撮影手段により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にある照明変動画像群を生成する画像生成手段と、該画像生成手段により生成された照明変動画像群から撮影手段により撮影された入力画像と最も近似する画像を生成して比較画像として、画像比較手段に出力する照明条件推定手段と、を有して構成されることを特徴とする。

【0034】請求項11記載の発明は、請求項10記載の発明において、照明補正手段は、画像生成手段により

生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段をさらに有して構成され、照明条件推定手段は、照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間内から撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、画像比較手段に出力することを特徴とする。

【0035】請求項12記載の発明は、請求項11記載の発明において、照明変動空間生成手段は、画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を求め、照明条件推定手段は、照明変動空間生成手段により生成された基底ベクトル群と、撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として画像比較手段に出力することを特徴とする。

【0036】請求項13記載の発明は、請求項2記載の発明において、位置姿勢補正手段は、あらかじめ設定された一定の位置姿勢を照明補正手段に出力することを特徴とする。

【0037】請求項14記載の発明は、請求項2記載の発明において、位置姿勢補正手段は、撮影手段により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢のパラメータを入力し、該入力した位置姿勢を照明補正手段に出力することを特徴とする。

【0038】請求項15記載の発明は、請求項2記載の発明において、位置姿勢補正手段は、撮影手段により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢を推定し、該推定した位置姿勢を照明補正手段に出力することを特徴とする。

【0039】請求項16記載の発明は、請求項15記載の発明において、登録手段は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定手段と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、3次元形状測定手段により測定された3次元形状と、反射率測定手段により測定された反射率とから特徴点位置を抽出する第1の特徴点抽出手段と、3次元形状測定手段により測定された3次元形状と、反射率測定手段により測定された反射率と、第1の特徴点抽出手段により抽出された特徴点位置とを登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、位置補正手段は、データ記憶手段により記憶された特徴点位置と同一の特徴点位置を撮影手段により撮影された入力画像から入力画像特徴点位置として抽出する第2の特徴点抽出手段と、データ記憶手段により記憶された3次元形状と特徴点位置と、第2の特徴点抽出手段により抽出された入力画像特徴点位置とから、撮影手段により撮影された物体の位置姿勢を推定し、該推定された位置姿勢を照明補正手段に出力する位置姿勢計算手

段と、を有して構成されることを特徴とする。

【0040】請求項17記載の発明は、請求項16記載の発明において、照明補正手段は、位置姿勢補正手段により補正された位置姿勢と、データ記憶手段に記憶された3次元形状と反射率とから、撮影手段により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、該画像生成手段により生成された照明変動画像群から撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、画像比較手段に出力する照明条件推定手段と、を有して構成されることを特徴とする。

【0041】請求項18記載の発明は、請求項17記載の発明において、照明補正手段は、画像生成手段により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段をさらに有して構成され、照明条件推定手段は、照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間内から入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として、画像比較手段に出力することを特徴とする。

【0042】請求項19記載の発明は、請求項18記載の発明において、照明変動空間生成手段は、画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定手段は、照明変動空間生成手段により生成された基底ベクトル群と、撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を生成して比較画像として画像比較手段に出力することを特徴とする。

【0043】請求項20記載の発明は、請求項17から19のいずれか1項に記載の発明において、照明補正手段は、様々な照明条件を設定し照明条件群として画像生成手段に出力する照明条件変化手段をさらに有して構成されることを特徴とする。

【0044】請求項21記載の発明は、請求項1記載の発明において、登録手段は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定手段と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、該画像生成手段により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成手段と、該照明変動空間生成手段により生成された照明変動空間を登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、照合手段は、登録手段に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影手段と、データ記憶手段に記憶された照明変動

空間内から入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定手段と、該照明条件推定手段により生成された比較画像と、撮影手段により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較手段と、該画像比較手段により算出された評価値に基づいて、撮影手段により撮影された物体が登録手段に登録されている物体であるか否かを判定する照合判定手段と、を有して構成されることを特徴とする。

【0045】請求項22記載の発明は、請求項1記載の発明において、登録手段は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定手段と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定手段と、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成手段と、該画像生成手段により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成する照明変動空間生成手段と、該照明変動空間生成手段により生成された基底ベクトル群を登録データとして記憶するデータ記憶手段と、を有して構成され、照合手段は、登録手段に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影手段と、データ記憶手段に記憶された基底ベクトル群と、撮影手段により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影手段により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定手段と、該照明条件推定手段により生成された比較画像と、撮影手段により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較手段と、該画像比較手段により算出された評価値に基づいて、撮影手段により撮影された物体が登録手段に登録されている物体であるか否かを判定する照合判定手段と、を有して構成されることを特徴とする。

【0046】請求項23記載の発明は、請求項2から22のいずれか1項に記載の発明において、3次元形状測定手段は、図面を読み込むことにより、3次元形状を測定することを特徴とする。

【0047】請求項24記載の発明は、請求項2から23のいずれか1項に記載の発明において、反射率測定手段は、図面を読み込むことにより、反射率を測定することを特徴とする。

【0048】請求項25記載の発明は、請求項2から24のいずれか1項に記載の発明において、撮影手段は、フィルム、写真、印刷物のいずれかを読み込んで、入力画像とすることを特徴とする。

【0049】請求項26記載の発明は、請求項2から25のいずれか1項に記載の発明において、照合判定手段は、登録手段に登録された物体の内、どの物体であるか

を検索することを特徴とする。

【0050】請求項27記載の発明は、請求項2から26のいずれか1項に記載の発明において、照合判定手段は、登録手段に登録された物体の内、近似する物体を検索することを特徴とする。

【0051】請求項28記載の発明は、請求項1から27のいずれか1項に記載の発明において、登録対象となる物体は、自動車であることを特徴とする。

【0052】請求項29記載の発明は、請求項1から28のいずれか1項に記載の発明において、登録対象となる物体は、人間の顔であることを特徴とする。

【0053】請求項30記載の発明は、登録対象となる物体のデータを3次元データとして登録する登録工程と、該登録工程により登録された物体のデータと照合する物体のデータを2次元データとして取得し、登録工程により登録された物体のデータと照合する照合工程と、を有することを特徴とする。

【0054】請求項31記載の発明は、請求項30記載の発明において、照合工程は、登録工程により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影工程と、該撮影工程により撮影された物体の位置姿勢を補正する位置姿勢補正工程と、該位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、登録工程により登録された登録データとから、撮影工程により撮影された入力画像と同一の位置姿勢であって、最も近似する照明条件の画像を比較画像として生成する照明補正工程と、該画像補正工程により生成された比較画像と、撮影工程により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較工程と、該画像比較工程により算出された評価値に基づいて、撮影工程により撮影された物体が登録工程により登録された物体であるか否かを判定する照合判定工程と、を有して構成されることを特徴とする。

【0055】請求項32記載の発明は、請求項31記載の発明において、登録工程は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定工程と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、3次元形状測定工程により測定された3次元形状と、反射率測定工程により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成されることを特徴とする。

【0056】請求項33記載の発明は、請求項31記載の発明において、登録工程は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定工程と、登録対象となる物体を撮影し、該物体の画像情報を取得する画像情報取得工程と、3次元形状測定工程により測定された3次元形状と、画像情報取得工程により取得された画像情報とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成されることを特徴とする。

【0057】請求項34記載の発明は、請求項31記載

の発明において、登録工程は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定工程と、複数の物体を登録するとき、3次元形状測定工程により測定した複数の物体の3次元形状の平均となる3次元形状を生成する平均形状生成工程と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、3次元形状測定工程により測定された3次元形状と、平均形状生成工程により生成された平均3次元形状と、反射率測定工程により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成されることを特徴とする。

【0058】請求項35記載の発明は、請求項32から34のいずれか1項に記載の発明において、照明補正工程は、位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、登録工程により登録された物体の登録データとから、撮影工程により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、該画像生成工程により生成された照明変動画像群から撮影工程により撮影された入力画像と最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、を有して構成されることを特徴とする。

【0059】請求項36記載の発明は、請求項35記載の発明において、照明補正工程は、照明条件推定工程により比較画像を生成する前に、画像生成工程により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工程をさらに有して構成され、照明条件推定工程は、照明変動空間生成工程により生成された照明変動空間内から入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

【0060】請求項37記載の発明は、請求項36記載の発明において、照明変動空間生成工程は、画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定工程は、照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群と、撮影工程により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

【0061】請求項38記載の発明は、請求項35から37のいずれか1項に記載の発明において、照明補正工程は、画像生成工程により照明変動画像群が生成される前に、該照明変動画像群が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件変化工程をさらに有して構成されることを特徴とする。

【0062】請求項39記載の発明は、請求項31記載の発明において、登録工程は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定工程と、登録対象となる物体を様々な照明条件で撮影し、テクスチャ画像群

を生成するテクスチャ画像撮影工程と、3次元形状測定工程により測定された3次元形状と、テクスチャ画像撮影工程により撮影されたテクスチャ画像群とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、照明補正工程は、位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、データ記憶工程により記憶された物体の3次元形状とテクスチャ画像群とから、撮影工程により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にある照明変動画像群を生成する画像生成工程と、該画像生成工程により生成された照明変動画像群から撮影工程により撮影された入力画像と最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、を有して構成されることを特徴とする。

【0063】請求項40記載の発明は、請求項39記載の発明において、照明補正工程は、照明条件推定工程により比較画像を生成する前に、画像生成工程により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工程をさらに有して構成され、照明条件推定工程は、照明変動空間生成工程により生成された照明変動空間内から撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

【0064】請求項41記載の発明は、請求項40記載の発明において、照明変動空間生成工程は、画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定工程は、照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群と、撮影工程により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

【0065】請求項42記載の発明は、請求項31記載の発明において、位置姿勢補正工程は、あらかじめ設定された一定の位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする。

【0066】請求項43記載の発明は、請求項31記載の発明において、位置姿勢補正工程は、撮影工程により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢のパラメタを入力し、該入力した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする。

【0067】請求項44記載の発明は、請求項31記載の発明において、位置姿勢補正工程は、撮影工程により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢を推定し、該推定した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする。

【0068】請求項45記載の発明は、請求項44記載の発明において、登録工程は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定工程と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を

測定する反射率測定工程と、3次元形状測定工程により測定された3次元形状と、反射率測定工程により測定された反射率とから特徴点位置を抽出する第1の特徴点抽出工程と、3次元形状測定工程により測定された3次元形状と、反射率測定工程により測定された反射率と、第1の特徴点抽出工程により抽出された特徴点位置とを登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、位置姿勢補正工程は、データ記憶工程により記憶された特徴点位置と同一の特徴点位置を撮影工程により撮影された入力画像から入力画像特徴点位置として抽出する第2の特徴点抽出工程と、データ記憶工程により記憶された3次元形状と特徴点位置と、第2の特徴点抽出工程により抽出された入力画像特徴点位置とから、撮影工程により撮影された物体の位置姿勢を推定する位置姿勢計算工程と、を有して構成されることを特徴とする。

【0069】請求項46記載の発明は、請求項45記載の発明において、照明補正工程は、位置姿勢補正工程により補正された位置姿勢と、データ記憶工程により記憶された3次元形状と反射率とから、撮影工程により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、該画像生成工程により生成された照明変動画像群から撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、を有して構成されることを特徴とする。

【0070】請求項47記載の発明は、請求項46記載の発明において、照明補正工程は、照明条件推定工程により比較画像を生成する前に、画像生成工程により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工程をさらに有して構成され、照明条件推定工程は、照明変動空間生成工程により生成された照明変動空間内から入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

【0071】請求項48記載の発明は、請求項47記載の発明において、照明変動空間生成工程は、画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定工程は、照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群と、撮影工程により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

【0072】請求項49記載の発明は、請求項46から48のいずれか1項に記載の発明において、照明補正工程は、画像生成工程により照明変動画像群が生成される前に、該照明変動画像群が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件

変化工程をさらに有して構成されることを特徴とする。

【0073】請求項50記載の発明は、請求項30記載の発明において、登録工程は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定工程と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、該画像生成工程により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成工程と、該照明変動空間生成工程により生成された照明変動空間を登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、照合工程は、登録工程に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影工程と、データ記憶工程により記憶された照明変動空間内から撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、該照明条件推定工程により生成された比較画像と、撮影工程により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較工程と、該画像比較工程により算出された評価値に基づいて、撮影工程により撮影された物体が登録工程により登録された物体であるか否かを判定する照合判定工程と、を有して構成されることを特徴とする。

【0074】請求項51記載の発明は、請求項30記載の発明において、登録工程は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定工程と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定工程と、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成工程と、該画像生成工程により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成する照明変動空間生成工程と、該照明変動空間生成工程により生成された基底ベクトル群を登録データとして記憶するデータ記憶工程と、を有して構成され、照合工程は、登録工程により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影工程と、データ記憶工程により記憶された基底ベクトル群と、撮影工程により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影工程により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定工程と、該照明条件推定工程により生成された比較画像と、撮影工程により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較工程と、該画像比較工程により算出された評価値に基づいて、撮影工程により撮影された物体が登録工程に登録されている物体であるか否かを判定する照合判定工程と、を有して構成されることを特徴とする。

る。

【0075】請求項52記載の発明は、請求項31から51のいずれか1項に記載の発明において、3次元形状測定工程は、図面を読み込むことにより、3次元形状を測定することを特徴とする。

【0076】請求項53記載の発明は、請求項31から52のいずれか1項に記載の発明において、反射率測定工程は、図面を読み込むことにより、反射率を測定することを特徴とする。

【0077】請求項54記載の発明は、請求項31から53のいずれか1項に記載の発明において、撮影工程は、フィルム、写真、印刷物のいずれかを読み込んで、入力画像とすることを特徴とする。

【0078】請求項55記載の発明は、請求項31から54のいずれか1項に記載の発明において、照合判定工程は、登録工程により登録された物体の内、どの物体であるかを検索することを特徴とする。

【0079】請求項56記載の発明は、請求項31から55のいずれか1項に記載の発明において、照合判定工程は、登録工程により登録された物体の内、近似する物体を検索することを特徴とする。

【0080】請求項57記載の発明は、請求項30から56のいずれか1項に記載の発明において、登録対象となる物体は、自動車であることを特徴とする。

【0081】請求項58記載の発明は、請求項30から57のいずれか1項に記載の発明において、登録対象となる物体は、人間の顔であることを特徴とする。

【0082】請求項59記載の発明は、登録対象となる物体のデータを3次元データとして登録する登録処理と、該登録処理により登録された物体のデータと照合する物体のデータを2次元データとして取得し、登録処理により登録された物体のデータと照合する照合処理と、を実行することを特徴とする。

【0083】請求項60記載の発明は、請求項59の記載の発明において、照合処理は、登録処理により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影処理と、該撮影処理により撮影された物体の位置姿勢を補正する位置姿勢補正処理と、該位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、登録処理により登録された登録データとから、撮影処理により撮影された入力画像と同一の位置姿勢であって、最も近似する照明条件の画像を比較画像として生成する照明補正処理と、該画像補正処理により生成された比較画像と、撮影処理により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較処理と、該画像比較処理により算出された評価値に基づいて、撮影処理により撮影された物体が登録処理により登録された物体であるか否かを判定する照合判定処理と、を有して構成されることを特徴とする。

【0084】請求項61記載の発明は、請求項60記載

の発明において、登録処理は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定処理と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、3次元形状測定処理により測定された3次元形状と、反射率測定処理により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成されることを特徴とする。

【0085】請求項62記載の発明は、請求項60記載の発明において、登録処理は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定処理と、登録対象となる物体を撮影し、該物体の画像情報を取得する画像情報取得処理と、3次元形状測定処理により測定された3次元形状と、画像情報取得処理により取得された画像情報とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成されることを特徴とする。

【0086】請求項63記載の発明は、請求項60記載の発明において、登録処理は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定処理と、複数の物体を登録するとき、3次元形状測定処理により測定した複数の物体の3次元形状の平均となる3次元形状を生成する平均形状生成処理と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、3次元形状測定処理により測定された3次元形状と、平均形状生成処理により生成された平均3次元形状と、反射率測定処理により測定された反射率とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成されることを特徴とする。

【0087】請求項64記載の発明は、請求項61から63記載のいずれか1項に記載の発明において、照明補正処理は、位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、登録処理により登録された物体の登録データとから、撮影処理により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成処理と、該画像生成処理により生成された照明変動画像群から撮影処理により撮影された入力画像と最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、を有して構成されることを特徴とする。

【0088】請求項65記載の発明は、請求項64記載の発明において、照明補正処理は、照明条件推定処理により比較画像を生成する前に、画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理をさらに有して構成され、照明条件推定処理は、照明変動空間生成処理により生成された照明変動空間内から入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

【0089】請求項66記載の発明は、請求項65記載の発明において、照明変動空間生成処理は、画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施す

ことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定処理は、照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群と、撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

【0090】請求項67記載の発明は、請求項64から66のいずれか1項に記載の発明において、照明補正処理は、画像生成処理により照明変動画像群が生成される前に、該照明変動画像群が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件変化処理をさらに有して構成されることを特徴とする。

【0091】請求項68記載の発明は、請求項60記載の発明において、登録処理は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定処理と、登録対象となる物体を様々な照明条件で撮影し、テクスチャ画像群を生成するテクスチャ画像撮影処理と、3次元形状測定処理により測定された3次元形状と、テクスチャ画像撮影処理により撮影されたテクスチャ画像群とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、照明補正処理は、位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、データ記憶処理により記憶された3次元形状とテクスチャ画像群とから、撮影処理により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にある照明変動画像群を生成する画像生成処理と、該画像生成処理により生成された照明変動画像群から撮影処理により撮影された入力画像と最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、を有して構成されることを特徴とする。

【0092】請求項69記載の発明は、請求項68記載の発明において、照明補正処理は、照明条件推定処理により比較画像を生成する前に、画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理をさらに有して構成され、照明条件推定処理は、照明変動空間生成処理により生成された照明変動空間内から撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

【0093】請求項70記載の発明は、請求項69記載の発明において、照明変動空間生成処理は、画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定処理は、照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群と、撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

【0094】請求項71記載の発明は、請求項60記載

の発明において、位置姿勢補正処理は、あらかじめ設定された一定の位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする。

【0095】請求項72記載の発明は、請求項60記載の発明において、位置姿勢補正処理は、撮影処理により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢のパラメタを入力し、該入力した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする。

【0096】請求項73記載の発明は、請求項60記載の発明において、位置姿勢補正処理は、撮影処理により撮影された入力画像に写っている物体の位置姿勢を推定し、該推定した位置姿勢を補正した位置姿勢とすることを特徴とする。

【0097】請求項74記載の発明は、請求項73記載の発明において、登録処理は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定処理と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、3次元形状測定処理により測定された3次元形状と、反射率測定処理により測定された反射率とから特徴点位置を抽出する第1の特徴点抽出処理と、3次元形状測定処理により測定された3次元形状と、反射率測定処理により測定された反射率と、第1の特徴点抽出処理により抽出された特徴点位置とを登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、位置姿勢補正処理は、データ記憶処理により記憶された特徴点位置と同一の特徴点位置を撮影処理により撮影された入力画像から入力画像特徴点位置として抽出する第2の特徴点抽出処理と、データ記憶処理により記憶された3次元形状と特徴点位置と、第2の特徴点抽出処理により抽出された入力画像特徴点位置とから、撮影処理により撮影された物体の位置姿勢を推定する位置姿勢計算処理と、を有して構成されることを特徴とする。

【0098】請求項75記載の発明は、請求項74記載の発明において、照明補正処理は、位置姿勢補正処理により補正された位置姿勢と、登録処理により登録された物体のデータとから、撮影処理により撮影された物体の位置姿勢と同一の位置姿勢にあって、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での画像を照明変動画像群として生成する画像生成処理と、該画像生成処理により生成された照明変動画像群から撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、を有して構成されることを特徴とする。

【0099】請求項76記載の発明は、請求項75記載の発明において、照明補正処理は、照明条件推定処理により比較画像を生成する前に、画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理をさらに有して構成され、照明条件推定処理は、照明変動空間処理により生成され

た照明変動空間内から入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

【0100】請求項77記載の発明は、請求項76記載の発明において、照明変動空間生成処理は、画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成し、照明条件推定処理は、照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群と、撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成することを特徴とする。

【0101】請求項78記載の発明は、請求項75から77のいずれか1項に記載の発明において、照明補正処理は、画像生成処理により照明変動画像群が生成される前に、該照明変動画像群が生成される際に用いられる照明条件群を、様々な照明条件を設定し生成する照明条件変化処理をさらに有して構成されることを特徴とする。

【0102】請求項79記載の発明は、請求項59記載の発明において、登録処理は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定処理と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成処理と、該画像生成処理により生成された照明変動画像群により張られる照明変動空間を生成する照明変動空間生成処理と、該照明変動空間生成処理により生成された照明変動空間を登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、照合処理は、登録処理に登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影処理と、データ記憶処理により記憶された照明変動空間内から撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、該照明条件推定処理により生成された比較画像と、撮影処理により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較処理と、該画像比較処理により算出された評価値に基づいて、撮影処理により撮影された物体が登録処理により登録された物体であるか否かを判定する照合判定処理と、を有して構成されることを特徴とする。

【0103】請求項80記載の発明は、請求項59記載の発明において、登録処理は、登録対象となる物体の3次元形状を測定する3次元形状測定処理と、登録対象となる物体の3次元形状の各位置における表面の反射率を測定する反射率測定処理と、様々な照明条件からなる照明条件群の各々の照明条件の下での登録対象となる物体の画像を照明変動画像群として生成する画像生成処理と、該画像生成処理により生成された照明変動画像群を主成分分析を施すことにより、照明条件により画像上に

現れている変動要因の大部分を覆う空間の基底ベクトル群を生成する照明変動空間生成処理と、該照明変動空間生成処理により生成された基底ベクトル群を登録データとして記憶するデータ記憶処理と、を有して構成され、照合処理は、登録処理により登録された物体のデータと照合する物体の画像を入力画像として撮影する撮影処理と、データ記憶処理により記憶された基底ベクトル群と、撮影処理により撮影された入力画像との間の相関を求め、該相関を基に基底ベクトル群から撮影処理により撮影された入力画像に最も近似する画像を比較画像として生成する照明条件推定処理と、該照明条件推定処理により生成された比較画像と、撮影処理により撮影された入力画像とを比較し、該2つの画像の類似度の評価値を算出する画像比較処理と、該画像比較処理により算出された評価値に基づいて、撮影処理により撮影された物体が登録処理に登録されている物体であるか否かを判定する照合判定処理と、を有して構成されることを特徴とする。

【0104】請求項81記載の発明は、請求項60から80のいずれか1項に記載の発明において、3次元形状測定処理は、図面を読み込むことにより、3次元形状を測定することを特徴とする。

【0105】請求項82記載の発明は、請求項60から81のいずれか1項に記載の発明において、反射率測定処理は、図面を読み込むことにより、反射率を測定することを特徴とする。

【0106】請求項83記載の発明は、請求項60から82のいずれか1項に記載の発明において、撮影処理は、フィルム、写真、印刷物のいずれかを読み込んで、入力画像とすることを特徴とする。

【0107】請求項84記載の発明は、請求項60から83のいずれか1項に記載の発明において、照合判定処理は、登録処理により登録された物体の内、どの物体であるかを検索することを特徴とする。

【0108】請求項85記載の発明は、請求項60から84のいずれか1項に記載の発明において、照合判定処理は、登録処理により登録された物体の内、近似する物体を検索することを特徴とする。

【0109】請求項86記載の発明は、請求項59から85のいずれか1項に記載の発明において、登録対象となる物体は、自動車であることを特徴とする。

【0110】請求項87記載の発明は、請求項59から86のいずれか1項に記載の発明において、登録対象となる物体は、人間の顔であることを特徴とする。

【0111】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面を参照しながら詳細に説明する。

【0112】(第1の実施の形態)図1は、第1の実施の形態における画像照合装置の構成及び処理の流れを示すブロック図である。図2は、本実施の形態の構成図で

ある。図1に示すように、登録手段100は、3次元形状測定装置を用いて物体の3次元形状と、物体表面の反射率または色情報を測定し、両者を記憶しておく。照合手段200は、ビデオカメラ等の撮像装置を用いて2次元の画像を撮影し、登録手段100に登録されているデータとの照合処理を行う。

【0113】本実施の形態は、物体の3次元形状と表面の反射率を登録しておくことにより、任意の位置姿勢、任意の照明条件の下での物体の画像を生成できること、および該位置姿勢にある照合対象物体の様々な照明条件の下での画像群が画像空間内の低次元の部分空間として表現できることを利用する。

【0114】登録手段100は、3次元形状測定手段110、反射率測定手段120およびデータ記憶手段130から構成される。

【0115】3次元形状測定手段110は、3次元形状測定装置を用いて物体の3次元形状を測定し、データ記憶手段130に出力する。例えば、特願平11-123687号に記載された3次元形状測定装置を利用できる。この他にも様々な装置が利用可能である。

【0116】反射率測定手段120は、3次元形状に対応する物体の表面の反射率を測定し、データ記憶手段130に出力する。例えば、特願平11-123687号に記載された3次元形状測定装置を用いれば、3次元形状と同時に当該物体の表面の色情報も測定することができる。以下、この色情報を反射率に代用する。例えば、物体の全体に様に光が当たるような影のできにくい照明条件の下で撮影した画像は、その輝度値が反射率にほぼ比例しているとみなせることを利用する。

【0117】具体的方法としては、登録する物体前方に半球型のやぐらを設置し、適当な数のランプを取り付ける。そして、全てのランプを同時に点灯させて画像を撮影する。この他にも光を拡散させ、様に光を物体に当てるために、反射板を用いるなど種々の方法が利用可能である。

【0118】データ記憶手段130は、登録された各物体の3次元形状データおよび反射率を記憶保持する。登録されたデータは、照合手段200における照合処理のために適時読み出される。

【0119】照合手段200は、撮影手段210、位置姿勢推定手段220、照明補正手段230、画像比較手段240および照合判定手段250から構成される。 *

* 【0120】撮影手段210は、カメラやビデオカメラ等の撮像装置を用いて照合対象となる物体を撮影し、入力画像として位置姿勢推定手段220、照明補正手段230および画像比較手段240に出力する。

【0121】位置姿勢推定手段220は、入力画像を撮影したときの撮影条件である物体の位置姿勢や撮像装置のパラメタ等を推定する。例えば、位置姿勢パラメタとして物体の平行移動距離(T_x , T_y , T_z)、回転角度(R_x , R_y , R_z)、カメラの焦点距離 f 、視野角 α を用いる。位置姿勢推定手段220は、これらのパラメタを利用者が画面を見ながら手動で調整できるような対話型のインタフェースを備える。

【0122】例えば、画面には上述した8つの位置姿勢パラメタを用いてコンピュータグラフィックスにより生成された照合対象物体の画像と、入力画像とがスーパーインポーズ法により重ね合わされて表示される。利用者は2つの画像がぴったり重なるように当該8つのパラメタの値を調節し、適切なパラメタを決定する。この対話型のインタフェースは一例であり、様々な形態のものが利用可能である。また、このような対話型インタフェースを用いなくとも、自動的に位置姿勢パラメタの計算を行ってもよい。

【0123】自動で位置姿勢の推定を行う方法の一例としては、様々な位置姿勢での照合対象物体のCG画像を生成し、各CG画像を入力画像と比較し、最も近似する画像を求めることで位置姿勢や撮像装置のパラメタを決定する方法が利用できる。

【0124】照明補正手段230は、位置姿勢推定手段220により決定されたパラメタを利用して、入力画像と同じ位置姿勢にあって、最も近い照明条件の画像を比較画像として生成する。以下、照明補正処理について詳細に説明する。

【0125】物体表面の反射率特性として完全散乱面を仮定し、物体形状が凸であり他の部分による光源の遮蔽によって生じる影がなく、光源が無限遠にあるとすれば、画像の各画素(u , v)の輝度値 $I(u, v)$ は、画素に対応している反射率 $B(u, v)$ 、法線方向ベクトル $N(u, v)$ 、各照明の強度 l_i 、方向ベクトル L_i により以下に示す【式1】でモデル化できる。

【0126】

【数1】

$$I(u, v) = B(u, v) \max \left(\sum_i (l_i \vec{L}_i \cdot \vec{N}(u, v)), 0 \right) \cdots \text{【式1】}$$

【0127】ここで、 $\max()$ の効果を無視すれば、照明が複数ある場合などを含め、任意の照明条件は以下に示す【式2】のように1つの照明ベクトル L であらわ

すことができる。

【0128】

【数2】

$$I(u, v) = B(u, v) \tilde{N}(u, v) \cdot \tilde{L}, \quad (\tilde{L} = \sum_i l_i \tilde{L}_i) \quad \dots (式2)$$

【0129】したがって、照明変動により生成される物体の画像の自由度は、ベクトル L の次元、すなわち高々3次元になるが、実際には、 $\max()$ の効果や、物体の他の部分により光源が遮蔽されて影ができること、および反射特性が完全散乱面でないことなどによる効果があるのでこれよりも高次元となる。しかしながら、大部分が3次元の部分空間であらわすことができることから、実際の画像変動も低次元の部分空間として十分近似できる。以下、この低次元の部分空間を各物体の照明変動空間と呼ぶ。

【0130】照明変動空間の基底ベクトルを得るために、主成分分析を用いる。照明変動により生成される対象物体の画像（以下では照明変動画像と呼ぶ）を多数用意し、照明条件の変動によってできる画像全体の集合を近似する。照明変動画像群の各画像は、単一の無限遠にある点光源のもとでの画像とし、光源の方向を入力画像の撮影時の照明条件として考えられる全ての方向を包含するように適当な間隔で設定した多数の画像を用意する。複数の照明の下での画像は単一の照明の画像の和でかけるので、単一照明下の画像のみで十分である。照明変動画像群の生成には、データ記憶手段130に登録されている3次元形状データおよび表面の反射率データを用いる。

【0131】その生成手法の一例としてコンピュータグ*

$$S = [\vec{K}_1 \quad \vec{K}_2 \quad \dots \quad \vec{K}_N]$$

$$V = \frac{1}{N} S S^T \quad \dots (式3)$$

【0135】次に、 V の各固有値 σ_i と固有ベクトル B_i を固有値の大きい順に M 個まで求める。そして、物体 j の照明変動空間をベクトル B_j を基底とする M 次元線形空間 Ψ_j で近似する。ここで照明変動空間の次元 M は、照明補正処理に必要とされている精度との兼ね合い※

$$\frac{\sum_{i=1}^M \sigma_i}{\sum_{i=1}^N \sigma_i} \times 100 \quad [\%] \quad \dots (式4)$$

【0137】累積寄与率は、輝度値の差を用いて画像の誤差を評価したときに、照明変動空間がどの程度正確に照明変動画像群を表現できるかを表す数値である。この値に対して閾値を定めておけば、その閾値を上回るのに必要な次元数として M を自動的に決定することができる。

【0138】図3は、照明補正手段230の機能の詳細な構成および処理の流れを示すブロック図である。照明補正手段220は、照明条件変化手段231、画像生成手段232、照明変動空間生成手段233および照明条

*ラフィックスの基本機能を利用する方法がある。コンピュータグラフィックスの機能については文献（「OpenGLプログラミングガイド」, Mason Woo, Jackie Neider, Tom Davis, アジソン・ウェスレイ・パブリシャーズ・ジャパン）に詳しく述べられている。コンピュータに標準的に備わっている機能としては、物体の表面の反射特性を完全散乱モデルとし、陰影だけを生成するものが多いが、本実施の形態においては、実際の物体表面の反射特性にできるだけ近い反射モデルを使用し、鏡面反射なども考慮することや、陰影だけでなく光線追跡の技術を用いて影を再現するなど、できるだけ現実に近い画像を生成できるようにする。

【0132】以上述べたように画像生成にコンピュータグラフィックスの機能を利用するのは一例であり、数値計算により照合に必要な画素について輝度値を計算することで画像を生成することも、もちろん可能である。

【0133】以下、画像全体のうち照合に用いる領域にある画素の輝度値を縦に並べたベクトルで画像をあらわす。照明変動画像群の画像が N 個のとき、各画像をベクトル K_i ($i=1, 2, \dots, N$)であらわすと、 V は以下に示す【式3】であらわされる。

【0134】

【数3】

※で決めることができる。 M 個の固有ベクトルを使った場合、その固有値の累積寄与率が以下に示す【式4】で計算できる。

【0136】

【数4】

件推定手段234から構成される。

【0139】照明条件変化手段231は、物体の照明変動空間を近似するのに十分な数の照明条件を設定する。例えば、無限遠にある一つの点光源を考え、図4に示すような物体を中心とした球面の経度、緯度をあらわす (θ, ϕ) の角度で光源の方向を示すとし、 θ と ϕ を 10° おきに -90° から 90° まで変化させ、361種類の照明条件群を設定する。この光源の種類、照明方向の設定間隔や範囲の決め方は一例であり、種々変更可能である。

【0140】画像生成手段232は、データ記憶手段130から照合対象である物体jの3次元形状と反射率を読み込み、位置姿勢推定手段220から入力される位置姿勢パラメタと、照明条件変化手段231から入力される照明条件群とを利用して、照明変動画像群を、コンピュータグラフィックスの機能を使って生成する。

【0141】この処理は、グラフィックス機能を備えたコンピュータの基本機能をもって実現できる。コンピュータグラフィックスを用いた画像生成においては様々な物体表面の反射モデル、カメラモデル等を使うことができる。カメラモデルとしてピンホールカメラモデル、物体表面の反射モデルとして完全散乱モデルを用いることができる。これらのモデルは一例であり、光線追跡処理を行って影をつけたり、てかりをつけるために他の様々な反射モデルを用いることもできる。

【0142】この画像生成処理において、物体表面の反射特性や光源、カメラのモデルをより現実に近い正確な*

$$\sum_{i=1}^M \frac{\sigma_i}{\sigma_i} \geq 0.95$$

【0145】Mの決定法は他にも様々な基準を適用して決定することが可能である。

【0146】照明条件推定手段234は、以下に示す【式6】によって、入力画像を用いて照明変動画像空間 Ψ_j 内にあって入力画像に最も近い画像を比較画像として生成し、画像比較手段240に出力する。

【0147】

【数6】

$$\vec{I}_c = \sum_{i=1}^n (\vec{I}_q \cdot \vec{B}_i) \vec{B}_i \quad \dots \text{【式6】}$$

【0148】画像比較手段240は、入力画像と生成された比較画像との類似度の評価値を算出する。評価値の計算方法には様々な技術が利用できるが、その一例としては、以下に示す【式7】のように画像の各画素の輝度値の差の二乗和などを用いることができる。

【0149】

【数7】

$$D = |\vec{I}_q - \vec{I}_c|^2 \quad \dots \text{【式7】}$$

【0150】この他に、文献（「コンピュータによる顔の認識—サーベイ」，電子情報通信学会論文誌D-II, Vol. J80-D-II, No. 8, pp. 2031—2046, 1997）に詳しく述べられているような技術も利用可能である。

【0151】照合判定手段250は、計算された評価値を閾値処理して照合対象物体であるか否かの照合を行う。

【0152】物体の照合処理は、入力画像ベクトル I_q と照合対象物体の照明変動空間の距離を尺度として行う

*ものとするこで、照合性能を向上させることができる。また、この画像生成はコンピュータグラフィックスを用いなくとも、数値計算によっても実現可能である。

【0143】照明変動空間生成手段233は、画像生成手段232で生成された照明変動画像群から照明変動空間を【式3】にしたがって計算し、計算された基底ベクトル群を物体の照明変動画像空間（基底ベクトル群） Ψ_j として照明条件推定手段234に出力する。本実施の形態においては、固有値の大きい順にM個の基底ベクトルを求め、 Ψ_j として出力する。この基底ベクトルの数Mを一例として【式4】で計算される累積寄与率が95%を超える数として決定するには、照明変動画像群の画像の数に等しい361または画素数がそれ以下である場合、画素数の数をNとし、N個の固有値を求め、以下に示す【式5】となる数Mを求めて決定する。

【0144】

【数5】

... 【式5】

ことができる。この距離は照明変動空間 Ψ_j 内にあって、最も入力画像に近い画像ベクトル I_c と入力画像との間の距離として計算できる。距離の尺度としては様々なものが利用可能であるが、ここでは輝度値の2乗誤差を直接用いる例をもって説明する。

【0153】この距離尺度を用いる場合には、 Ψ_j 内でもっともベクトル I_q に近い画像ベクトル I_c は【式6】で生成できる。

【0154】比較画像ベクトル I_c と入力画像ベクトル I_q との距離D（輝度値の差の2乗和）は【式7】で計算できる。

【0155】この値Dを入力画像と登録データとの類似度の評価値とし、これに基づいて、対象物体であるか否かの確認、登録されているどの物体であるかの検索、登録されている物体のうち近似する物体の検索、等の判定処理を行う。例えば、簡単な閾値処理で対象物体であるかの確認を行う場合は、ある閾値D'を定めておき、 $D < D'$ であれば対象物体であると決定する。

【0156】また、複数の物体が登録されている場合には、照明補正手段230による比較画像の生成から画像比較手段240による評価値の算出までの処理を複数回行い、どの物体に最も近似するかの検索を行うこともできる。また、登録されている物体の内、ある一定以上の評価値を持っている物体として、近似する物体の検索を行うこともできる。

【0157】（第2の実施の形態）次に、本発明の第2の実施の形態について図6と図7を参照して詳細に説明する。図6は、第2の実施の形態における画像照合装置の構成および処理の流れを示すブロック図である。本実施の形態は、第1の実施の形態と比較し、反射率測定手

段120において反射率を測定する代わりに、複数の照明条件下で画像を撮影しておき、それらの画像を反射率の代わりに用いて照明変動画像群を生成する点、および照明条件変化手段231がない点異なる。

【0158】本実施の形態は、照合対象物体の画像の照明条件による変動を包含する照明変動空間を生成するのに十分なサンプル画像が生成できるだけの適当な数の照明条件を設定し、その照明条件の下で画像情報を撮影しておけば、反射率を測定したりコンピュータグラフィックスによる画像生成における照明条件の設定や光線追跡による影の生成などの処理を行わなくても、照明変動空間を生成するためのサンプル画像が生成できることを特徴とする。

【0159】サンプル画像として使用されるテクスチャ画像撮影処理に用いることのできる方法の一例として次のような方法がある。登録する物体前方に半球型のやぐらを設置し、一様な間隔で適当な数のランプを取り付ける。そして、各ランプを点灯させながら画像を撮影するというものである。この他にもランプをマニピュレータに取り付けて移動させながら画像を撮影するなど様々な方法が利用可能である。

【0160】本実施の形態においては、撮影された複数のテクスチャ画像群が3次元形状データと合わせて登録データとして記憶される。そして、照合過程において、照明条件変化処理を行わず、記憶されているテクスチャ画像群を順次読み出し、位置姿勢推定処理において推定された位置姿勢にあって、物体表面の輝度値が各テクスチャ画像に等しいような画像をコンピュータグラフィックスにより生成し、サンプル画像として出力する。以下、具体的に説明する。

【0161】登録手段2100において、物体の照合に用いる登録データとして、物体の3次元形状と、複数の照明条件のもとでの画像データ（テクスチャ画像）を登録しておく。登録手段2100は、3次元形状測定手段2110、テクスチャ画像撮影手段2120およびデータ記憶手段2130から構成される。

【0162】3次元形状測定手段2110は、特願平11-123687号に記載されているような3次元形状測定装置を用いて物体の3次元形状を測定し、データ記憶手段2130に出力する。

【0163】テクスチャ画像撮影手段2120は、第1の実施の形態の照明条件変化手段231から出力される照明条件と同等な照明条件を実際に設定して、物体の画像を撮影する。例えば、物体前方に物体を中心とした半球型のやぐらを設置し、適当な間隔で適当な数のランプを取り付ける。一例としては、物体に対して図4に示す角度 (θ, ϕ) において、 θ, ϕ について -90° から 90° までの範囲でそれぞれ 15° 間隔にランプを取り付け、各ランプを点灯させながら1枚ずつ画像を撮影する。この撮影方法および照明位置の設定方法は一例であ

り、この他にもランプをマニピュレータに取り付けて移動させながら画像を撮影するなど様々な方法が利用可能である。これらの方法により撮影した画像群をテクスチャ画像群としてデータ記憶手段2130に出力する。

【0164】データ記憶手段2130は、3次元形状測定手段2110から入力された各物体の3次元形状と、テクスチャ画像撮影手段2120から入力されたテクスチャ画像群を記憶保持する。登録されたデータは、照合手段2200における照合処理のため適時読み出される。

【0165】照合手段2200は、撮影手段2210、位置姿勢推定手段2220、照明補正手段2230、画像比較手段2240および照合判定手段2250から構成される。

【0166】撮影手段2210は、カメラやビデオカメラ等の撮像装置を用いて照合対象となる物体を撮影し、入力画像として位置姿勢推定手段2220、照明補正手段2230および画像比較手段2240に出力する。

【0167】位置姿勢推定手段2220は、入力画像を撮影したときの撮影条件である物体の位置姿勢や撮像装置のパラメタ等を推定する。例えば、位置姿勢パラメタとして物体の平行移動距離 (T_x, T_y, T_z) 、回転角度 (R_x, R_y, R_z) 、カメラの焦点距離 f 、視野角 α を用いる。位置姿勢推定手段2220は、これらのパラメタを利用者が画面を見ながら手動で調整できるような対話型のインタフェースを備える。

【0168】本実施の形態の照明補正手段2200は、第1の実施の形態における照明条件変化手段231がなく、画像生成手段2232において、テクスチャ画像撮影手段2120において撮影したテクスチャ画像群をそのまま物体表面の輝度値として用いることで照明変動画像群を生成する点が異なっている。

【0169】図7は、本実施の形態における照明補正手段2230の構成および処理の流れを示すブロック図である。照明補正手段2230は、画像生成手段2232、照明変動空間生成手段2233および照明条件推定手段2234から構成される。

【0170】画像生成手段2232は、データ記憶手段2130から照合対象である物体 j の3次元形状とテクスチャ画像群を読み込み、位置姿勢推定手段2220から与えられた位置姿勢パラメタと、当該テクスチャ画像群の各テクスチャ画像を用いて、照明変動画像群をコンピュータグラフィックスの機能を使って生成する。この処理は、グラフィックス機能を備えたコンピュータの基本機能であるテクスチャマッピングの技術を利用する。本実施の形態においては様々なカメラモデルを利用することができ、その一例としては、ピンホールカメラモデルを用いることができる。第1の実施の形態と異なり、テクスチャ画像は現実に撮影された画像であるので、第1の実施の形態のようにコンピュータグラフィックスの

技術によって影やてかりを生成する必要はない。

【0171】照明変動空間生成手段2233は、画像生成手段2232で生成された照明変動画像群から照明変動空間を【式3】にしたがって計算し、計算された基底ベクトル群を物体の照明変動画像空間（基底ベクトル群） Ψ_j として照明条件推定手段2234に出力する。

【0172】照明条件推定手段2234は、【式6】によって、入力画像を用いて照明変動画像空間 Ψ_j 内にあって入力画像に最も近い画像を比較画像として生成し、画像比較手段2240に出力する。

【0173】画像比較手段2240は、入力画像と生成された比較画像との類似度の評価値を算出する。

【0174】照合判定手段2250は、計算された評価値を閾値処理して照合対象物体であるか否かの照合を行う。また、複数の物体が登録されている場合には、照明補正手段2230による比較画像の生成から画像比較手段2240による評価値の算出までの処理を複数回行い、どの物体に最も近似するかの検索を行うこともできる。また、登録されている物体のうちある一定以上の評価値を持っている物体として、近似する物体の検索を行うこともできる。

【0175】本実施の形態によれば、反射率の代わりにテクスチャ画像群を実際に撮影して画像データとして、データ記憶手段2130に登録するため、第1の実施の形態と比較して、データ登録段階における作業が煩雑となる。しかしながら、照明補正処理において、実際に撮影されたテクスチャ画像群を使用するため、低次元空間に近似させるための数値計算や、コンピュータグラフィックスの技術によって影やてかりをつける処理を省略できることから、照合処理時間を短縮することができる。

【0176】（第3の実施の形態）次に、本発明の第3の実施の形態について詳細に説明する。図8は、本実施の形態における画像照合装置の構成および処理の流れを示すブロック図である。本実施の形態は、第1の実施の*

*形態と比較して、複数の物体を登録する場合に3次元形状測定手段3110において全ての物体の3次元形状を測定する代わりに、1つないし少数の3次元形状を計測するだけで、平均形状生成手段3150において当該1つないし少数の3次元形状の平均となる3次元形状1つを出力し、照合対象となる全ての物体の形状は計測しない点、および照合手段3200において当該平均の3次元形状を利用する点が異なる。

【0177】本実施の形態は、特に互いに形状が類似している物体の場合には、全ての物体の3次元形状を測定しなくても、代表的な形状データを代わりに用いることで、位置姿勢推定処理および照明補正処理を行うことができることを利用している。

【0178】登録手段3100は、3次元形状測定手段3110、平均形状生成手段3150、反射率測定手段3120およびデータ記憶手段3130から構成される。

【0179】3次元形状測定手段3110は、特願平11-123687号に記載されているような3次元形状測定装置を用いて、物体1と物体2の3次元形状を測定する。

【0180】平均形状測定手段3150は、図9(a)に示すように、2つの物体形状を重心を一致させるように平行移動し、図9(a)のZ軸に垂直な断面を適当な間隔で設定し、それぞれの断面上で平均形状を計算する。図9(b)に示すように、断面上で重心から物体の外側に向かって平均計算軸となる直線を考え、物体1、物体2の形状との交点を点 P_1 、 P_2 とする。平均形状である点 P_m の3次元座標は、二つの物体表面上の点 P_1 、 P_2 の3次元座標 (x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) を平均した以下に示す【式8】とする。

【0181】

【数8】

$$\left(\frac{x_1+x_2}{2}, \frac{y_1+y_2}{2}, \frac{z_1+z_2}{2} \right) \quad \dots \text{【式8】}$$

【0182】この処理を平均計算軸を重心の周りを回転させながら適当な間隔で行うことにより、物体1と物体2の平均形状を生成できる。該生成した平均形状をデータ記憶手段3130に出力する。

【0183】反射率測定手段3120は、物体1、物体2それぞれの3次元形状に対応する表面の反射率を測定する。特願平11-123687号に記載されたような3次元形状測定装置を用いれば、3次元形状と同時に表面の色情報を測定することができる。以下ではこの色情報を反射率に代用する。平均形状の各点とここで測定した各物体の色情報の対応は、次のようにして決定できる。すなわち、平均形状 P_m の3次元座標を計算する際に用いた物体1、物体2の3次元形状データをそれぞれ

P_1 、 P_2 とすれば、平均形状 P_m に対応する物体1の反射率データは P_1 に対応する反射率であり、平均形状 P_m に対応する物体2の反射率は P_2 に対応する反射率となる。

【0184】データ記憶手段3130は、3次元形状測定手段3110より入力される平均形状データと、反射率測定手段3120より入力される物体1、物体2のそれぞれの反射率を記憶する。

【0185】照合手段3200における処理は、物体1、物体2の形状としてデータ記憶手段3130から読み出される3次元形状が平均形状に代わった点が第1の実施の形態と異なり、他の処理は全て同様である。

【0186】以上、本実施の形態では2個の物体を登録

する際にその平均形状を記憶する実施の形態を説明したが、これはあくまで一例であり、物体の数が3個以上になったり、そのうち任意の数の物体の平均形状を求めて利用することも同様の処理により可能である。

【0187】(第4の実施の形態)次に、本発明の第4の実施の形態について詳細に説明する。本実施の形態では照合対象物体の一例として人の顔を用いる。図10は、本実施の形態における画像照合装置の構成及び処理の流れを示すブロック図である。本実施の形態は、第1の実施の形態と比較し、登録手段4100において、物体の画像上で輝度値が大きく変化するなどの特徴的な点の位置を抽出し、特徴点位置として出力する特徴点位置抽出手段4140が追加されている点、データ記憶手段4130において物体の特徴点の位置も記憶する点、および照合手段4200の位置姿勢推定手段4220において、データ記憶手段4130から当該特徴点位置を読み込み、物体の位置姿勢を自動的に推定する点が異なる。

【0188】本実施の形態は、入力画像において照合対象物体の特徴点の位置を抽出し、当該特徴点の3次元座標を登録データから知ることができれば、当該特徴点の画像上の位置と3次元座標とを用いて入力画像中の物体の位置姿勢および撮像装置のパラメタを自動的に求めることができることを利用している。複数の点について画像上の位置と3次元座標が既知である場合に入力画像中の物体の位置姿勢および撮像装置のパラメタを自動的に求める方法としてはカメラキャリブレーションの方法が利用できる。

【0189】すなわち、画像を比較する代わりに物体の画像上で輝度値が大きく変化する部分など、特徴的な領域や点(以下では特徴点と呼ぶ)の位置を入力画像とCG画像から検出し、当該特徴点の位置がもっとも近くなるようなCG画像を求めることで物体の位置姿勢や撮像装置のパラメタを計算する方法である。

【0190】また、特徴点位置を入力画像から検出し、各特徴点間の位置関係についての情報を利用して物体の位置姿勢を求める方法もある。文献(「An analyticsolution for the pose determination of human faces from a monocular image」, Shinn-Ying Ho, Hui-Ling Huang, Pattern Recognition Letters, Vol.19, 1045-1054, 1998)には、照合対象物体として人間の顔を用いる場合に目尻や口元といった特徴点を用い、両目の特徴点を結ぶ直線と左右の口元の特徴点を結ぶ直線が互いに平行であるなどの位置関係を利用して位置姿勢を求める方法が記述されている。以下、本実施の形態について具体的に説明する。

【0191】登録手段4100は、3次元形状測定手段4110、反射率測定手段4120、特徴点抽出手段4140およびデータ記憶手段4130から構成される。登録手段4100において、物体の照合に用いる登録デ

ータとして、物体の3次元形状、反射率を測定し、該3次元形状および反射率から物体の特徴点の3次元座標を求め、3次元形状、反射率または色情報、特徴点位置を登録しておく。

【0192】3次元形状測定手段4110は、3次元形状測定装置を用いて物体の3次元形状を測定する。本実施の形態では3次元形状測定装置の一例として特願平11-123687号に記載されている3次元形状測定装置を用いるが、この他にも様々な装置が利用可能である。

【0193】反射率測定手段4120は、3次元形状に対応する物体の表面の反射率を測定する。特願平11-123687号に記載されている3次元形状測定装置を用いれば、3次元形状と同時に表面の色情報を測定することができる。以下ではこの色情報を反射率に代用する。

【0194】特徴点抽出手段4140は、物体の画像上で輝度値が大きく変化する部分など特徴的な領域や点(以下では特徴点と呼ぶ)の位置を検出し、その3次元座標を特徴点位置としてデータ記憶手段4130に出力する。例えば、人物の顔を照合対象物体とする場合には、目じりや口元など、反射率が大きく変化している部位や、鼻の頭など3次元形状が大きく変化している部位を検出する。これは、手動で行うことができる。また、自動的に行う方法として特許第2872776号公報「顔画像照合装置」、特開平6-168317号公報「個人識別装置」に記載の方法など様々な方法を利用できる。本実施の形態では、図12に示すような位置の12個の点(0~11)を特徴点として用いる。これらの特徴点の定義は、照合対象とする物体により様々に変更可能であることはいうまでもない。以下ではこれら特徴点の3次元座標である特徴点位置をベクトル $A_i = (x_i, y_i, z_i)$, ($i=0, 1, \dots, 11$)であらわす。

【0195】データ記憶手段4130は、登録された各物体の3次元形状、反射率および特徴点位置を記憶保持する。登録されたデータは、照合手段4200の処理のために適時読み出される。

【0196】照合手段4200は、撮影手段4210、位置姿勢推定手段4220、照明補正手段4230、画像比較手段4240および照合判定手段4250から構成される。

【0197】撮影手段4210は、カメラやビデオカメラ等の撮像装置を用いて照合対象となる入力画像を撮影する。撮影した入力画像を位置姿勢推定手段4220、照明補正手段4230および画像比較手段4240に出力する。

【0198】位置姿勢推定手段4220は、入力画像を撮影したときの撮影条件である物体の位置姿勢や撮像装置のパラメタ等を推定する。図11に位置姿勢推定手段

4220の構成および処理の流れを示すブロック図を示す。位置姿勢推定手段4220は、入力画像特徴点抽出手段4221および位置姿勢計算手段4222から構成される。

【0199】入力画像特徴点抽出手段4221は、登録手段4100における特徴点抽出手段4140において抽出した特徴点群ベクトル A_i と同じ特徴点の位置を入力画像から抽出し、画像上での位置ベクトル $B_i = (u_i, v_i)$, ($i=0, 1, 2, \dots, 11$)を入力画像特徴点位置として位置姿勢計算手段4222に出力する。これは人が処理装置の画面上に表示された入力画像を見ながら手動で入力することもできる。また、特開平6-168317号「個人識別装置」に記載の方法など特徴点抽出手段4140で用いたのと同様な方法も利用可能である。

【0200】本実施の形態は人の顔を照合する場合を一例としてあげているが、例えば、多面体形状の物体を照合する場合には頂点が特徴点として利用でき、画像からエッジを抽出し、それらの交点として多面体の頂点を検出することができる。また、物体表面に特徴的な模様がある場合などにその模様の位置を利用することもできる。

【0201】位置姿勢計算手段4222は、入力画像特徴点抽出手段4221から入力された入力画像特徴点位置と、データ記憶手段4130から読み出された特徴点位置とを利用し、入力画像中にある物体の位置姿勢や撮像装置のパラメタなどを計算し、位置姿勢として照明補正手段4230に出力する。この計算には文献(「An Efficient and Accurate Camera Calibration Technique for 3D Machine Vision」, Roger Y. Tsai, Proc. CVPR'86, pp.364-374, 1986)の方法など様々な方法が利用可能*

*である。

【0202】本実施の形態では一例として位置姿勢のパラメタとして物体の平行移動距離(T_x, T_y, T_z)、 x, y, z 軸の周りの回転角度(R_x, R_y, R_z)、カメラの焦点距離 f を、カメラモデルとしてピンホールカメラを用いて次のような方法をとる。上述したように、当該位置姿勢には、焦点距離など撮像装置のパラメタも含まれる。特徴点位置ベクトル A_i と入力画像特徴点位置ベクトル B_i の関係は以下に示す【式9】であらわされる。

【0203】

【数9】

$$\begin{bmatrix} u_i \\ v_i \end{bmatrix} = \frac{f}{c} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad \dots \text{【式9】}$$

【0204】ただし、ここで a, b, c は以下に示す【式10】であらわされる値である。

【0205】

【数10】

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} \quad \dots \text{【式10】}$$

【0206】 R は以下に示す【式11】で表される回転を表す行列である。

【0207】

【数11】

$$R = \begin{bmatrix} \cos R_x \cos R_y & -\cos R_x \sin R_y + \sin R_x \sin R_z \cos R_y & \sin R_x \sin R_y + \cos R_x \sin R_z \cos R_y \\ \cos R_y \sin R_x & \cos R_x \cos R_y + \sin R_x \sin R_z \sin R_y & -\sin R_x \cos R_y + \cos R_x \sin R_z \sin R_y \\ -\sin R_y & \sin R_x \cos R_y & \cos R_x \cos R_y \end{bmatrix}$$

...【式11】

【0208】12個の各特徴点についての【式9】で計算される値と入力画像特徴点位置誤差の総和が最小になるように、 $R_x, R_y, R_z, T_x, T_y, T_z, f$ を最適化計算により求める。この最適化の計算には様々な方法が利用できる。求めた $R_x, R_y, R_z, T_x, T_y, T_z, f$ を位置姿勢として照明補正手段4230に出力する。上述した位置姿勢パラメタやカメラモデルの定義と計算方法はあくまで一例であり、この他にも様々な方法が利用可能である。

【0209】照明補正手段4230は、位置姿勢推定手段4220により決定されたパラメタを利用して、入力画像と同じ位置姿勢にあって、最も近い照明条件の画像

を比較画像とする。

【0210】画像比較手段4240は、入力画像と生成された比較画像との類似度の評価値を算出する。評価値の計算方法には様々な技術が利用できるが、その一例としては、【式7】のように画像の各画素の輝度値の差の二乗和などを用いることができる。

【0211】照合判定手段4250は、計算された評価値を閾値処理して照合対象物体であるか否かの照合を行う。また、複数の物体が登録されている場合には、照明補正手段4230による比較画像の生成から画像比較手段4240による評価値の算出までの処理を複数回行い、どの物体に最も近似するかを検索を行うこともでき

る。また、登録されている物体のうちある一定以上の評価値を持っている物体として、近似する物体の検索も行うこともできる。

【0212】（第5の実施の形態）次に、本発明の第5の実施の形態について詳細に説明する。本実施の形態においては、登録される物体が工業製品などであり、その形状の設計図がCADデータとして保存されており、表面の塗装の仕様がデザイン図によって決められているとする。本実施の形態は、第1の実施の形態と比較し、3次元形状測定手段110において、設計図のCADデータから3次元形状を、反射率測定手段120においてデザイン図から反射率を読み込む点が異なる。照合対象となる物体が工業製品など設計図の存在する物体である場合や、建築物など3次元形状の測定が一般の3次元形状計測装置では困難であり、別途測量等を行い形状を測定する場合等に適用するとよい。

【0213】3次元形状測定手段110は、設計図のCADデータを、照合手段200で扱えるデータ形式に変換して3次元形状としてデータ記憶手段130に出力する。

【0214】反射率測定手段120は、デザイン図から物体の各部の色、表面の仕上げの方法などを読み込み、反射率に変換してデータ記憶手段130に出力する。

【0215】データ記憶手段130は、3次元形状測定手段110から入力された3次元形状データと、反射率測定手段120から入力された反射率とを記憶する。

【0216】照合手段200については第1の実施の形態と全く同等である。

【0217】本発明は上述した実施の形態において述べたように、一般の物体に対して応用可能である。特に、本発明は自動車の車種・型式の照合、人物の顔の照合などへの応用に有効である。

【0218】以上、本発明の実施の形態を図面に基づき具体的に説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能である。また、本発明をコンピュータプログラムによって実現することももちろん可能である。

【0219】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、登録手段でのみ物体の3次元形状と表面の反射率または適当な照明条件下での画像を計測すればよく、照合手段における撮像手段としてはビデオカメラなどの通常の2次元画像を撮影する撮像装置があるだけで十分であり、照合段階において3次元形状測定装置を必要とせずに実用的な装置を構成できる。

【0220】また、3次元形状が登録されているので、入力画像における物体の3次元的位置姿勢の変動に対して完全に補正することができる。また、対象物体の表面の反射特性が完全散乱面でないものについても適用で

き、物体の他の部分による光源の遮蔽により発生する影やてかりなどに対しても適用できるため、照明条件の変動に対しても十分な補正を行うことができる。したがって、上記IlluminationSubspace Method、Sampling Methodよりもさらに広い範囲の一般的な物体の照合に適用することができる。

【0221】また、照合段階において、照明変動画像群を登録されている3次元形状と反射率とを用いて自動的に生成できるため、登録処理において多数の画像を撮影する必要がなく、簡便に行うことができる。また、累積寄与率判定を用いて、照明変動空間の近似として十分な部分空間の次元数を求めることができるので、画像照合の精度をあまり落とすことなく、計算量を大幅に削減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態における画像照合装置処理の構成および処理の流れを示したブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態における構成図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態における照明補正手段230の構成および処理の流れを示したブロック図である。

【図4】照明条件を決める照明の物体に対する方向を表す角度を説明した図である。

【図5】画像を利用した物体照合装置の一例を示した図である。

【図6】本発明の第2の実施の形態における画像照合装置の構成および処理の流れを示したブロック図である。

【図7】本発明の第2の実施の形態における照明補正手段230の構成および処理の流れを示したブロック図である。

【図8】本発明の第3の実施の形態における画像照合装置の構成および処理の流れを示したブロック図である。

【図9】平均形状の生成方法を説明した図である。

【図10】本発明の第4の実施の形態における画像照合装置の構成および処理の流れを示したブロック図である。

【図11】本発明の第4の実施の形態における位置姿勢推定手段4220の構成および処理の流れを示したブロック図である。

【図12】対象物体の特徴点として用いる物体の部位の一例を示した図である。

【図13】従来技術における画像照合技術の一例として、登録時と照合時とともに2次元の画像のみを用いる技術の構成を説明したブロック図である。

【図14】従来技術における画像照合技術の一例として、登録時と照合時とともに3次元形状を測定する技術の構成を説明したブロック図である。

【図15】従来技術における画像照合技術の一例とし

て、登録時と照合時でもに2次元の画像を撮影し、位置姿勢の補正に標準3次元形状を用いる技術の構成を説明したブロック図である。

【図16】従来技術における画像照合技術の一例として、登録時に多数の位置姿勢条件で画像を撮影し認識を行う技術の構成を説明したブロック図である。

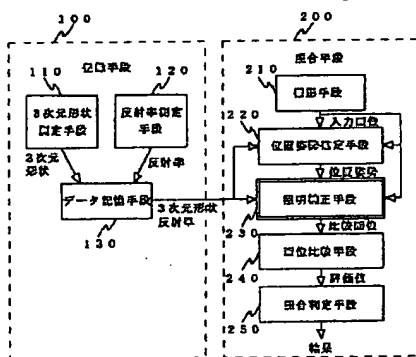
【図17】従来技術における画像照合技術の一例として、登録時に複数の照明条件で2次元の画像を撮影し、照明条件補正を行う技術の構成を説明したブロック図である。

【図18】従来技術における画像照合技術の一例として、登録時に複数の照明条件で2次元の画像を撮影し、照明条件補正を行う技術の構成を説明したブロック図である。

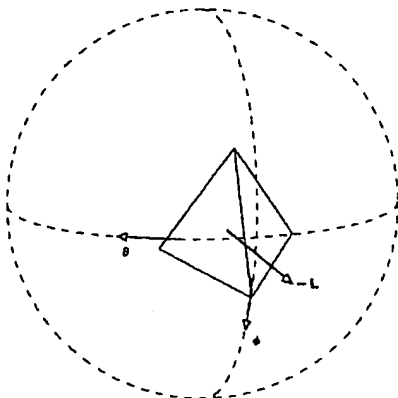
【符号の説明】

- 100 登録手段
- 110 3次元形状測定手段
- 120 反射率測定手段
- 130 データ記憶手段
- 200 照合手段
- 210 撮影手段
- 220 位置姿勢推定手段
- 230 照明補正手段
- 231 照明条件変化手段
- 232 画像生成手段
- 233 照明変動空間生成手段
- 234 照明条件推定手段
- 240 画像比較手段
- 250 照合判定手段

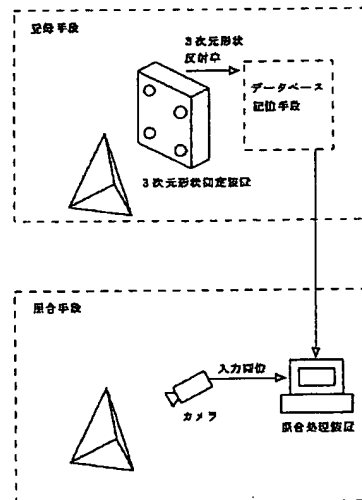
【図1】



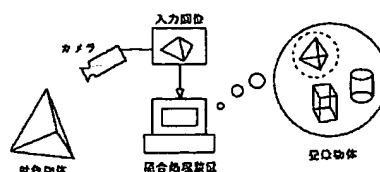
【図4】



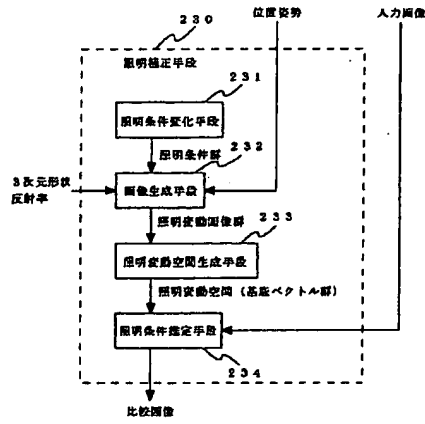
【図2】



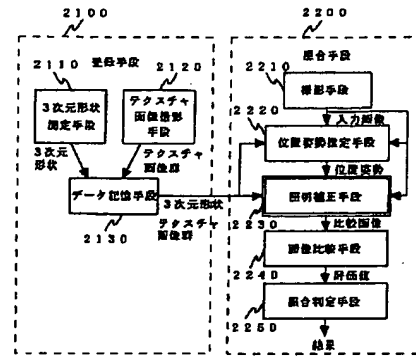
【図5】



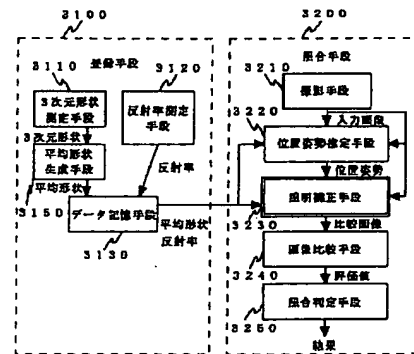
【図3】



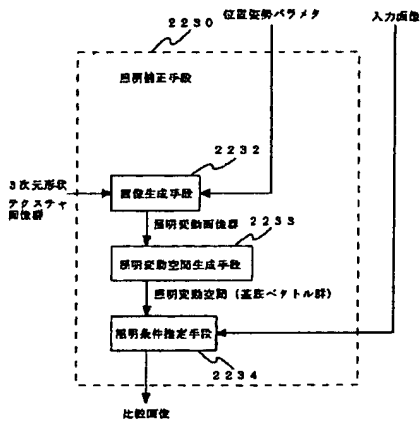
【図6】



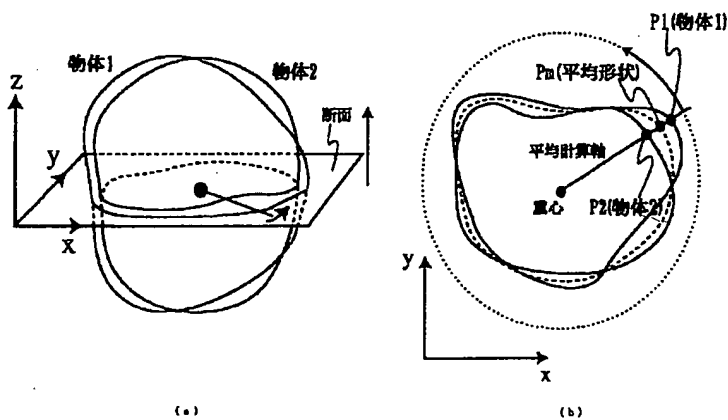
【図8】



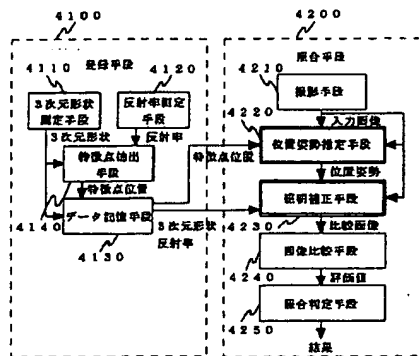
【図7】



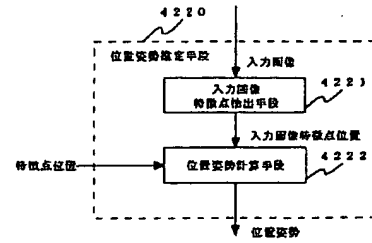
【図9】



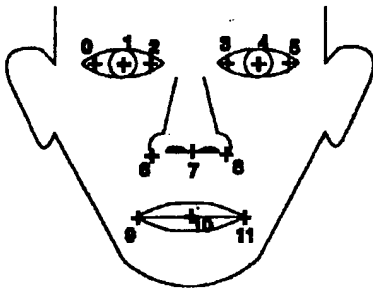
【図10】



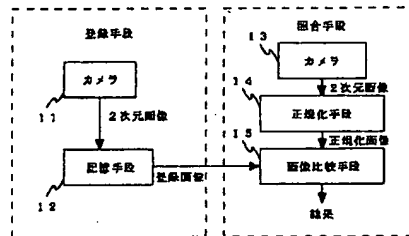
【図11】



【図12】

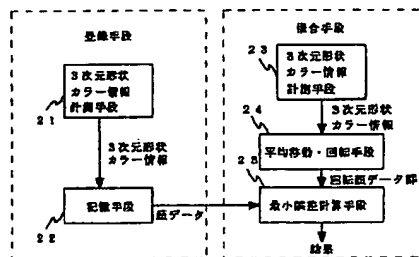


【図13】

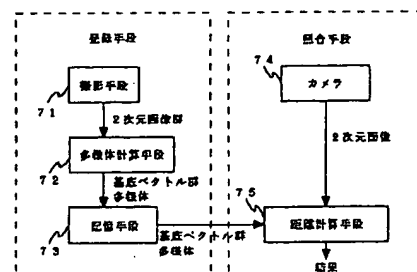


【図15】

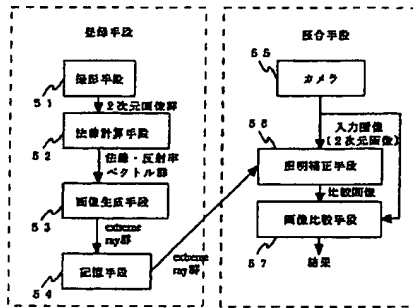
【図14】



【図16】



【図17】



【図18】

